

Florianópolis, Brazil
November 2025



**FIG Joint Land
Administration
Conference**

VOLUME

I

**Commission 7:
Cadastre and Land Management**

**Editors: Rohan Bennett, Claudia Lindner, Kirsikka
Riekkinen, and Carlos Vieira**



Proceedings

FIG Commission 7 Cadastre and Land Management Annual Meeting 2025

**VOLUME 1 OF THE FIG BRAZIL JOINT LAND ADMINISTRATION
CONFERENCE 2025**

Editors: Rohan Bennett, Claudia Lindner, Kirsikka Riekkinen and Carlos Vieira

Copyright © International Federation of Surveyors, October 2025
All rights reserved

International Federation of Surveyors (FIG)
Kalvebod Brygge 31–33
DK–1780 Copenhagen V
DENMARK
Phone.: +45 38 86 10 81
Fax: +45 38 86 02 52
E-mail: FIG@fig.net
Website: www.fig.net

Published in English with some papers in Portuguese and Spanish

Copenhagen, Denmark
ISBN 978-87-93914-27-8 (Electronic)
ISSN 2311-8423 (Electronic)

Published by:
International Federation of Surveyors (FIG)

CONTENTS

Programme Committee & Local Organizing Committee	5
Preface	9
 Introduction and Visioning	
Global Snapshot Cadastre 2025 Rohan Bennett, Paula Dijkstra and Claudia Lindner	11
The Guidelines for the Brazilian Multipurpose Cadastre and its Relations with International Frameworks: LADM, STDM, Fit-for-purpose and FELA Guilherme Linheira, Hatan Pinheiro Silva, Everton da Silva, Liane Ramos da Silva, Francisco Eduardo de Mello Franco Sá and Diego Alfonso Erba	20
 Framework for Effective Land Administration (FELA)	
Efectividad y Divulgación del Marco FELA de UN-GGIM para la Administración del Territorio en Iberoamérica Carmen Femenia-Ribera, Amalia Velasco Martín-Vares, Elsie Fernández Rea, Ecuador and Gaspar Mora-Navarro	36
Institutional Coordination and the Limited Reach of FELA to Latin American Cadastre Amalia Velasco Martín Vares, and Sylvia Amado Aparicio	53
 Fit for Purpose Land Administration (FFPLA)	
Implementação e Institucionalização da Rede de Referência Cadastral conforme NBR 14.166/2022 Patricia de Castro Pedro, João Henrique Becker and Emilia Grasielle Nicolodi	70
Elaboração do Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário Urbano do município de Joinville/SCx Patrícia de Castro Pedro, Emilia Grasielle Nicolodi, João Henrique Becker, Carla Cristina Pereira, Claudia de Oliveira Bosco e Ana Cristina Peruzzo Bardini	93
Fit-for-Purpose Land Administration: Status, Success, and Scaling for Sustainable Development Israel Oluwaseun Taiwo and Paula Dijkstra	107

Maya Communal Lands in Belize: A fit-for-purpose model to support indigenous land rights, climate resilience and legal integration 116
Sunil Laloo, Charisse Griffith-Charles, and Leonel Frazer

RRCM e tolerâncias 3D: análise da norma técnica NBR14166/2022 137
Ivandro Klein, Rovane Marcos de França, Adolfo Lino de Araújo e Flavio Boscatto

AI and Remote Sensing

Análise posicional comparativa entre Levantamento Cadastral Territorial por topografia (Estação Total) e GNSS e por LiDAR (SLAM) dos vértices de parcela urbana 148
Flavio Boscatto, Adolfo Lino de Araújo e Rovane Marcos de França, Brasil

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. 159
João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Metrologia Instrumental e Processamento de Dados com AstGeoTop para Redes Topográficas de Precisão 184
Juyara Bezerra de Araujo, Janaína Carvalho Peixoto Cruz, Andréa de Seixas, Lucas Gonzales Lima Pereira Calado, Isaac Ramos Junior

Analysis of the Accuracy of Orthophotos Generated by UAS with RTK Sensors for Application in Urban Land Regularization (REURB) 200
Renato Zetehaku Araujo, Francisco Henrique de Oliveira, Allan Gomes, Adolfo Lino de Araújo

Metodología para la Formulación de Catastros Accesibles para la Gestión Territorial Empleando IA y Plataformas de Bajo Costa 215
Rigoberto Alejandro Moreno Vázquez

AI Opportunities for Cadastre in Support of Integrated Land Administration 218
Darlan M. Nunes; Silvana P. Camboim; Daniel C. O. Duarte.

Bibliometric Analysis of the Use of UAVs in Urban Area Cadastre 230
Hatan Pinheiro Silva, Everton da Silva, Yasmim Rizzolli Fontana dos Santos, Francisco Eduardo de Mello Franco Sá and Liane Ramos Silva

Land Regularization in São Sebastião (SP): Advanced Technologies for Cadastre Update and Land Management 246
Francisca Lima, Ademir Junior

Integration

Ações de ofício como estratégia de manutenção do Cadastro Territorial Multifinalitário de Fortaleza - CE Elizete de Oliveira Santos e Ana Carla Queiroz Paiva	255
Spatialization of Territorial Parcels for Efficient Land Management Marco Aurélio Barbiero e Carlos Antônio Vieira	272
Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach Josip Križanović, Doris Pivac, Hrvoje Tomić and Miodrag Roić	288
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC) Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques	305
The Role of Digital Transformation for Integrated Land Management: Insights from Latin America Claudia Lindner, Walter Timo De Vries and Felicitas Sommer	321

Women's Access and Education

Towards an Integrated Land Administration Curriculum: leveraging the power of AI to synthesize international and regional guidelines Simon Hull and Royal Mabakeng	340
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el Área Rural del Uruguay Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova	358
Mapping Academic Capacity in Geomatics and Land Administration Worldwide Angel Collado	367

Comparative Studies

A Demarcação de Terras Públicas e Privadas na Costa: A Definição de Limites e suas Implicações em Alguns Países. Cesar Rogério Cabral e Francisco Henrique de Oliveira	371
Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Espanã y Cristhian Quiza-Neuto	392
Uma análise dos impactos das seis declarações do CADASTRO 2014 no desenvolvimento do sistema cadastral brasileiro Suzana Daniela Rocha Santos e Silva, Régis Fernandes Bueno e Artur Caldas Brandão	412

Examination of Land Registration System in Iraq Haider Zenalabdeen and Fatih Doner	428
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França	444
A Gift to the Future: LADM Modeling as a Basis for Integrating the Indigenous Theme into the Land Management System in Brazil Ednez Gomes Tavares, Liane Ramos da Silva, Marco Aurélio Barbiero, and Everton da Silva	457

PROGRAMME COMMITTEE & LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

Programme Committee

- Peter van Oosterom (Chair) – Delft University of Technology, the Netherlands
- Alias Abdul-Rahman – Universiti Teknologi Malaysia
- Ali Aien – University of Melbourne, Australia
- Abdullah Alattas – King Abdulaziz University, Saudi Arabia
- José-Paulo Duarte de Almeida – University of Coimbra, Portugal
- Arturo Aranguren – Deneb, USA
- Kwabena Asiamah – Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana
- Behnam Atazadeh – University of Melbourne, Australia
- Katerina Athanasiou – National Technical University of Athens, Greece
- Charl-Thom Bayer – Land Portal Foundation, Denmark
- Anthony Beck – Cadastral Concepts Ltd., UK
- Rohan Bennett – Swinburne University, Australia
- Lars Bodum – Aalborg University, Denmark
- Pawel Boguslawski – Wroclaw University of Environmental and Life Sciences, Poland
- Artur Caldas Brandão – Federal University of Bahia, Brazil
- João Vitor M Bravo – Federal University of Uberlândia, Brazil
- Martin Breunig – Karlsruhe Institute of Technology, Germany
- Jarosław Bydłosz – AGH University of Science & Technology, Poland
- Andrea F.T. Carneiro – Federal University of Pernambuco, Brazil
- Volkan Cagdas – Yildiz Technical University, Turkey
- Willian Ney Cassol – Laval University, Canada
- Angel Collado – University of Castilla-La Mancha, Spain
- Volker Coors – University of Stuttgart, Germany
- Yakup Emre Coruhlu – Karadeniz Technical University, Turkey
- Efi Dimopoulou – National Technical University of Athens, Greece
- Neeraj Dixit – Survey and Land Registration Bureau, Bahrain
- Fatih Döner – Gümüşhane University, Turkey
- Diego Erba – Universidad Nacional del Litoral, Argentina
- Carmen Femenia-Ribera – Polytechnic University of Valencia, Spain
- Vivian Oliveira Fernandes – Federal University of Bahia, Brazil
- Erwin Folmer – University of Twente / Kadaster, the Netherlands
- Tarun Ghawana – Integrated Spatial Analytics Consultants, India
- Miro Govedarica – University of Novi Sad, Serbia
- Charisse Griffith-Charles – University of the West Indies, Trinidad and Tobago
- Trent Gulliver – Land Information New Zealand
- Renzhong Guo – Shen Zhen University, China
- Hervé Halbout – HALBOUT Consultants, France
- Mike Horhammer – Oracle Corporation, USA
- Simon Hull – University of Cape Town, South Africa
- Halil Ibrahim Inan – Gumushane University, Turkey
- Gyula Iván – Lechner Nonprofit Ltd., Hungary
- Karel Janecka – University of West Bohemia, Czech Republic

- Rui Pedro Juliao - NOVA University Lisbon, Portugal
- John Kahi – UN-Habitat, Kenya
- Mohsen Kalantari – University of New South Wales, Australia
- Eftychia Kalogianni – Delft University of Technology, the Netherlands
- Abdullah Kara – Delft University of Technology, the Netherlands
- Marcin Karabin – Warsaw University of Technology, Poland
- Sudarshan Karki – Department of Natural Resource and Mines, Queensland Australia
- Dimitris Kitsakis – National Technical University of Athens, Greece
- Josip Križanović – University of Zagreb, Croatia
- Christiaan Lemmen – University of Twente, the Netherlands
- Claudia Lindner – Kadaster, The Netherlands
- Guilherme Linheira – Santa Catarina State University, Brazil
- Marije Louwsma – Kadaster, the Netherlands
- Andersson Magdalena – Lantmäteriet, Sweden
- Andre da Silva Mano – University of Twente, The Netherlands
- Tarja Myllymäki – National Land Survey of Finland
- Gerhard Navratil – Vienna University of Technology, Austria
- Solomon Njogu – UN-Habitat, Kenya
- Francisco Henrique Oliveira – Santa Catarina State University, Brazil
- Victor Olonde – UN-Habitat, Kenya
- Regina Orvananos – UN-Habitat, Kenya
- Jesper Paasch – University of Gävle, Sweden, Aalborg University, Denmark
- Jenny Paulsson – Royal Institute of Technology, Sweden
- Aleksandra Radulović – University of Novi Sad, Serbia
- Abbas Rajabifard – University of Melbourne, Australia
- Siva Ravada – Oracle Corporation, USA
- Kirsikka Riekkinen – Aalto University, Finland
- Miodrag Roić – University of Zagreb, Croatia
- Francis Roy – Laval University, Canada
- Markus Seifert – Bavarian Administration for Surveying and Cadastre, Germany
- Everton da Silva – Federal University of Santa Catarina, Brazil
- Liane Ramos da Silva – Federal University of Santa Catarina, Brazil
- Dubravka Sladić – University of Novi Sad, Serbia
- Kean Huat Soon – Singapore Land Authority, Singapore
- Erik Stubkjær – Aalborg University, Denmark
- Michael Sutherland – University of the West Indies, Trinidad and Tobago
- Israel Taiwo – The Federal Polytechnic Ado-Ekiti, Nigeria
- Jernej Tekavec – University of Ljubljana, Slovenia
- Rod Thompson – Delft University of Technology, the Netherlands
- Dinao Tjia – City of Ekurhuleni, South Africa
- Amalia Velasco – Directorate General for Cadastre, Spain
- Carlos Antonio Oliveira Vieira – Federal University of Santa Catarina, Brazil
- Sasa Vranic – KAJO Services, Croatia
- Nikola Vučić – University of Zagreb, Croatia
- Okan Yildiz – Karadeniz Technical University, Turkey
- Shen Ying – Wuhan University, China
- Kees de Zeeuw – Esri Global, The Netherlands

- Jaap Zevenbergen – University of Twente, the Netherlands
- Sisi Zlatanova – University of New South Wales, Australia

Local Organizing Committee

- Everton da Silva (Coordinator)
- Liane Ramos da Silva (Sub-coordinator)
- Carlos Antonio Oliveira Vieira (Sub-coordinator)
- Francisco Henrique de Oliveira
- Diego Alfonso Erba
- Guilherme Linheira
- Rovane Marcos de França
- Lia Caetano Bastos
- Artur Caldas Brandão
- Kaliu Teixeira

Preface

This volume of the proceedings from the FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025), held in Florianópolis, Santa Catarina, Brazil from 3–5 November 2025, presents the contributions aligned with FIG Commission 7: Cadastre and Land Management.

Commission 7 continues to lead global efforts in advancing land administration systems that are inclusive, fit-for-purpose, and responsive to societal needs. The papers in this volume reflect a wide range of perspectives and innovations in cadastral reform, land governance, and spatial data integration. They are grouped into seven thematic clusters:

- **Introduction and Visioning:** Setting the scene for global cadastre development, including strategic outlooks and conceptual models.
- **Framework for Effective Land Administration (FELA):** Examining the implementation and dissemination of FELA across regions, with a focus on institutional coordination and governance.
- **Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA):** Exploring practical, scalable approaches to land administration, particularly in contexts of informality and rapid urbanization.
- **AI and Remote Sensing:** Highlighting the use of emerging technologies—such as drones, GNSS, and artificial intelligence—for cadastral data collection, analysis, and land regularization.
- **Integration:** Focusing on the integration of cadastral systems with broader land management frameworks
- **Women’s Access and Education:** Addressing gender equity in land rights and the development of educational frameworks to build capacity in land administration.
- **Integration and Comparative Studies:** Analyses of systems across countries and regions.

These proceedings contribute directly to the 2023–2026 FIG Commission 7 workplan, which emphasizes innovation in land administration, support for global frameworks such as FELA and the IGIF, and capacity development through knowledge exchange. The workplan also prioritizes engagement with emerging technologies and inclusive governance models—both of which are well represented in the papers included here. The conference and its outputs serve as a platform for advancing these strategic goals and fostering collaboration among professionals, researchers, and institutions.

This volume is part of a three-volume set of proceedings:

- **Volume 2** features papers from FIG Commission 8: Spatial Planning and Development, focusing on land use, planning frameworks, and territorial governance.
- **Volume 3** is dedicated to the LADM and 3D Land Administration Working Group, a major initiative within Commission 7. Given its scale and technical depth, this working group has its own volume, showcasing developments in standards, 3D cadastre, and integrated land administration models.

Together, the three volumes reflect the breadth of activity across FIG's commissions and working groups, and the collaborative spirit of the conference. We thank all authors for their contributions, the Programme Committee for their rigorous reviews, and the Local Organizing Committee for their tireless efforts in making the event a success. We also note that an AI agent supported the drafting of this preface.

Florianópolis, October 2025

Rohan Bennett, Claudia Lindner, Kirsikka Riekkinen, Carlos Vieira

Global Snapshot Cadastre 2025

Rohan BENNETT, Australia, Paula DIJKSTRA, The Netherlands and Claudia LINDNER, Germany

Key words: land management, land administration, land registration, digital transformation, SDGs

SUMMARY

In times of considerable global and national uncertainty, cadastres and the land administration functions of tenure, value, planning and development, continue to be important tools to support economic, social, and environmental sustainability. This paper provides a snapshot of the global status of cadastres, drawing upon selected country cases and technological developments to illustrate current advances and challenges. Specifically, it draws upon the current workplan activities of Commission 7 of FIG, focus around the UNGGIM's Framework for Effective Land Administration (FELA); Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA); 3D Land Administration, the ISO 19152 Land Administration Domain Model Standard; the increasing role of artificial intelligence (AI) and remote sensing in the domain; the integration of land administration function; the status of land administration education; and global monitoring and comparison of cadastral systems. Amongst these positive and significant developments, there is continuing evidence of challenges to establish, complete, and renew cadastres. Issues relating to good governance, sustainable financing, educational pathways and community awareness are key. In this regard, FIG can and should continue to play a leading role in global advocacy, professional network development, and knowledge development and dissemination.

Global Snapshot Cadastre 2025

Rohan BENNETT, Australia, Paula DIJKSTRA, The Netherlands and Claudia LINDNER, Germany

1. INTRODUCTION

In a period marked by global and national uncertainty, cadastres and broader land administration systems remain vital for supporting economic resilience, social stability, and environmental sustainability (FAO, UN-ECE and FIG, 2023). Secure tenure, accurate valuation, effective planning, and sustainable land development are foundational to well-functioning societies (Williamson et al, 2010). Recent years have seen significant innovation in this domain, with new frameworks, standards, and technologies reshaping how land rights are recorded, managed, and monitored (Bennett, 2023). At the same time, many countries continue to face long-standing challenges in establishing, maintaining, and modernising their cadastral systems. This paper provides a global snapshot of cadastral and land administration developments as of 2025, using a synthesis approach that considers reports, news briefs, documents, sessions, and outputs from the FIG Commission 7 between 2023-25. These were drawn from the FIG website and various conference websites. The paper draws on country examples, technical advances, and institutional reforms. After initial planning and drafting of sections, an iterative approach was used, making use of a generative AI tool (MS Co-Pilot), to refine and reduce the sub-sections to the most salient content. Careful proofing of each section was undertaken. Overall, the paper highlights activities and role of FIG Commission 7, including work on the UN-GGIM Framework for Effective Land Administration, Fit-for-Purpose approaches, 3D cadastres, ISO standards, the roles of AI and remote sensing, women's access to land, integrating land administration functions, land administration education, and comparative studies. These working group activities are used to frame the analysis and discussion. Finally, the work reflects on persistent challenges and opportunities for global collaboration and knowledge exchange.

2. FRAMEWORK FOR EFFECTIVE LAND ADMINISTRATION

FIG Commission 7's 2023–2026 work plan prioritizes the global uptake of the UN-GGIM's *Framework for Effective Land Administration* (FELA) (UN-GGIM, 2020), with Working Group 7.1 actively engaged in raising awareness and supporting implementation. A key initiative is the intended re-publication of the 2020 FELA document, tailored for the practitioner community to enhance accessibility and relevance. This is aimed for release in multiple languages in 2024 and 2025. Interest in FELA is growing, particularly across the Americas - most notably Latin America - through regional surveyor networks and UN-GGIM events. Awareness is also strong in the Asia-Pacific region, as observed during the 2024 Annual Meeting in Kuching, Sarawak, Malaysia. However, practical implementation or use remains a challenge. While tools like the EuroSDR-developed assessment framework offer valuable support, there is a clear need for additional, bottom-up instruments that can guide countries in aligning their systems with FELA principles. Commission 7 is well-positioned to

facilitate this, leveraging its global network to foster collaboration and innovation. Through these efforts, the Commission contributes to bridging the gap between strategic vision and operational reform in land administration.

3. FIT-FOR-PURPOSE LAND ADMINISTRATION

Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA) remains a cornerstone of FIG Commission 7's agenda, offering a pragmatic and inclusive pathway to secure land rights at scale. A major new publication is currently in development, combining insights from workshops, webinars, and conference sessions held across two FIG terms i.e. 2019-22 and 2023-26. This will be a significant contribution to FFPLA, following on from the 2014 FFPLA FIG publication, the 2016 *Guidelines for Country Implementation* supported by UN-Habitat, and the two-volume special issue published in *Land* journal in 2021 (See Enemark et al, 2021). The upcoming publication focuses on lessons learned from real-world implementation - what has worked, what has not - and explores the persistent challenges of scaling FFPLA approaches across diverse contexts. It will include newer examples of FFPLA application, for example, those from Indonesia, Benin, Ghana, amongst others. While the FFPLA concept continues to gain traction globally, particularly in regions with limited formal land systems, the need for practical tools to support implementation is clear. Commission 7 has a role to play here. Commission 7's work in this space is helping to refine FFPLA as both a technical and social innovation, grounded in evidence and responsive to local realities.

4. LAND ADMINISTRATION DOMAIN MODEL AND 3D LAND ADMINISTRATION

FIG Commission 7 has been a long-standing advocate for innovation in cadastral modelling, with over two decades of sustained work on the Land Administration Domain Model (LADM) and 3D cadastres. Recent international workshops, including the 2024 LADM Workshop (Van Oosterom et al, 2024), have continued to foster technical exchange and global collaboration. These events support the ongoing revision of ISO 19152, which is being updated to enhance modularity, support for marine and 3D cadastres, and alignment with broader geospatial standards. While scaled, national 3D cadastres are not yet prevalent, digital twins for targeted applications - such as city management, planning, and infrastructure development - are increasingly evident. These developments reflect a growing demand for spatially rich, interoperable land administration systems. Commission 7's sustained engagement in this domain is a powerful demonstration of how a global professional network can generate momentum, knowledge, and advocacy around a specific cadastral challenge. The community's contributions have helped shape both conceptual frameworks and technical standards (through FIG's direct involvement in ISO TC211 and OGC), ensuring land administration evolves in step with digital transformation and urban governance needs.

5. AI AND REMOTE SENSING IN LAND ADMINISTRATION

Remote sensing has radically impacted on land administration and cadastral design over the previous decades (Koeva et al, 2022). Similarly, Artificial Intelligence (AI) is now rapidly reshaping the land administration landscape, especially when combined with remote sensing technology, with growing interest in its application to feature extraction, automation, and service delivery. FIG Commission 7 has hosted sessions on AI at every Working Week and C7 Annual Meeting in recent years, reflecting the profession's increasing engagement with this evolving domain. The work aligns closely with initiatives by ISPRS, particularly in remote sensing and feature extraction, and looks ahead to the GeoInfo 2026 conference in Sofia, which is expected to showcase cutting-edge developments in geospatial AI (<https://conference.gate-ai.eu/ISPRS2026> - the event will also link up with FIG C7 WG7.3 and act as the next International Workshop on 3D and LADM). While scaled implementations remain limited, research and pilot projects - such as those in the Netherlands and several Australian states being used to expedite survey-accurate cadastral fabric rebuilds - demonstrate the potential of AI to support day-to-day operations, customer engagement in registration processes, and eventually, surveying and mapping. Commission 7's efforts in this area highlight the importance of sustained global collaboration to translate innovation into practice. As AI tools become more accessible and tailored to land administration needs, their integration into operational systems is likely to accelerate, offering new efficiencies and insights for governments, practitioners, and citizens alike.

6. WOMEN'S ACCESS TO LAND (AND ADMINISTRATION)

Women's access to land remains a critical issue in global land governance, and FIG Commission 7 has made it a central focus of its 2023–2025 agenda. A major initiative has been the comprehensive revision of FIG Publication No. 24, originally published over two decades ago (Marzatico and Balas, 2024). Much has changed since its release, and the updated version reflects contemporary realities, challenges, and opportunities for gender-inclusive land administration.

This revision has been informed by an extensive consultative process, with contributions from all FIG regions, member associations, and partners—particularly strong engagement from Africa. Sessions have been held at every FIG Working Week, Annual Meeting, and regional conference, including in the Pacific (Australia), North America (United States), Europe (Netherlands), Asia (Malaysia), and MENA (Morocco). A notable highlight was the 3rd Arab Land Conference in Rabat, Morocco, where Commission 7 contributed to discussions on gender equity in land governance. This has been truly great for advocacy, awareness raising, and knowledge development within the surveying community. Equally, the Working Group has been attending global and regional women's forums hosted by the UN, Africa Union, amongst others.

Support from global partners - including Stand for Her Land, the World Bank, and other donor agencies - has been instrumental in advancing this agenda. Another key initiative has been the Land Clinic, a platform for dialogue, peer learning, and practical support. Commission 7's work underscores the need for renewed advocacy, updated tools, and inclusive practices to ensure women's access to land is not just protected—but actively promoted.

7. INTEGRATING LAND ADMINISTRATION FUNCTIONS

The integration of land administration functions - tenure, value, use, and development - remains a central ambition for modern land systems (Williamson et al, 2010). FIG Commission 7 continues to advocate for holistic approaches that promote interoperability, shared data infrastructures, and coordinated service delivery. However, experience shows that efforts to integrate too early, without sufficient political will or technological capacity, often fail. Through member surveys and consultations, the Commission has identified persistent challenges, including miscommunication stemming from differing interpretations of key terminology. This reinforces the need to start small, smart, and modest - building incrementally toward integration. Notably, non-tenure drivers such as food security, agricultural productivity, and urban planning have proven to be powerful motivators for higher-level government engagement, sometimes catalyzing integration efforts more effectively than tenure reform alone. A strong example of integrated thinking and practice was observed during the 2024 Annual Meeting in Kuching, Sarawak, where local initiatives demonstrated how coordinated land functions can support broader development goals. Commission 7's work in this area underscores the importance of context-sensitive approaches and global collaboration in shaping integrated, responsive, and future-ready land administration systems.

8. LAND ADMINISTRATION EDUCATION

Education in land administration is foundational to building capable institutions and informed practitioners. FIG Commission 7, in collaboration with Commission 2, has led efforts to define and strengthen this domain, most notably through the Teaching Essentials for Responsible Land Administration (TERLA) framework. Developed under the Global Land Tools Network (GLTN), TERLA has helped establish land administration as a distinct and teachable discipline, offering a structured approach to curriculum development and capacity building. A recent FIG Working Group report revisits TERLA, evaluating its relevance and proposing updates to reflect contemporary challenges and opportunities (Hull et al, 2024).

While global frameworks like TERLA provide a valuable foundation, Commission 7's consultations and surveys reveal that local adaptation remains essential. Even with the same region – varied experiences from South Africa, Zimbabwe, and Namibia – demonstrate that one size certainly cannot fit all. Differences in legal systems, institutional arrangements, and cultural contexts mean that a one-size-fits-all approach is rarely effective. Striking the right balance between global generalities and local specifics is a persistent challenge. Miscommunication around terminology and conceptual boundaries continues to hinder progress. For education to serve both advocacy and professional development, a clear and coherent domain of land administration knowledge must be maintained - while remaining flexible enough to accommodate diverse national realities.

9. COMPARATIVE LAND ADMINISTRATION

Comparative land administration continues to be a strategic focus for FIG Commission 7, offering a structured way to understand and learn from the diversity of land governance systems globally. Recent work by the Commission's Working Group 7.8 has contributed to a peer-reviewed paper published in *Survey Review* (Stubkjær et al, 2025), exploring the governance of semantic resources and the potential for global repositories to support comparative analysis. This work builds on the legacy of the Cadastral Template and aligns with broader efforts to harmonize terminology and metadata through initiatives such as LADM and LandVoc.

The paper highlights the importance of structured semantics in enabling meaningful comparisons across jurisdictions, while acknowledging the complexity of aligning diverse institutional and legal contexts. Commission 7 is actively exploring collaboration with initiatives like CaLAThe to further this agenda. The goal is not to standardize systems, but to foster mutual learning, benchmarking, and innovation. Comparative frameworks can help practitioners and policymakers navigate complexity, identify best practices, and advocate for reform. As the global land administration community continues to evolve, shared understanding - grounded in robust semantic infrastructure - will be key to unlocking the full potential of comparative analysis.

10. DISCUSSION: CHALLENGES, OPPORTUNITIES, AND FIG C7

As of 2025, the ongoing work of FIG Commission 7 highlights both enduring challenges and emerging opportunities in land administration. Across all thematic areas - FELA, FFPLA, 3D, LADM, AI, integration, education, gender equity, and comparative analysis - a consistent message has emerged: progress requires both global coordination and local adaptation.

One of the most persistent challenges appears to be the gap between strategic ambition and operational capacity. Whether in integrating land functions, scaling application of digital tools, or implementing inclusive frameworks, many countries face constraints in political will, institutional readiness, and technical infrastructure. Miscommunication around terminology and conceptual boundaries also continues to hinder collaboration and implementation.

Yet, the opportunities are compelling. The global network of FIG - through its Member Associations, Working Weeks, Annual Meetings, regional conferences, and partnerships - has proven its ability to convene expertise, share knowledge, and advocate for reform. Initiatives like the revision of FIG Publication No. 24, the development of new FFPLA guidance publication, and the push for semantic clarity in comparative land administration demonstrate the Commission's capacity to lead.

Looking ahead, Commission 7 must continue to balance ambition with pragmatism, ensuring that tools, frameworks, and advocacy efforts remain grounded in the realities of practice. By fostering inclusive dialogue, supporting bottom-up innovation, and maintaining a clear domain of land administration knowledge, FIG C7 is well-positioned and can remain a key player to guide the profession through its next phase of evolution.

11. CONCLUSION

Land administration globally is evolving to meet challenges like climate change, urbanisation, and digital transformation. While frameworks and technologies are advancing, many countries still face barriers in implementation and capacity. The need for inclusive, adaptable, and scalable systems is clear. FIG Commission 7 has responded with leadership across key areas - FELA, FFPLA, LADM, AI, education, gender equity, and comparative analysis. Through its working groups, publications, and global events, it has fostered collaboration, developed practical tools, and supported reform. The Commission's strength lies in balancing global frameworks with local realities. Its work between 2023 and 2025 shows that progress depends on both strategic vision and grounded, context-sensitive action. As land administration continues to intersect with broader development goals, Commission 7 remains well-positioned to guide the profession forward.

REFERENCES

- Bennett, R.M., (2023), FIG Commission 7 Workplan 2023-26, FIG Office, Denmark
- Enemark, S., McLaren, R., & Lemmen, C. (Eds.). (2021). *Fit-for-Purpose Land Administration—Providing Secure Land Rights at Scale*. *Land*, Special Issue. https://www.mdpi.com/journal/land/special_issues/FFPLA
- FAO, UNECE, & FIG. (2022). *Digital transformation and land administration – Sustainable practices from the UNECE region and beyond* (FIG Publication No. 80). International Federation of Surveyors. <https://doi.org/10.4060/cc1908en>
- Hull, S., Mabakeng, M. R., Rugema, D. M., Wiejak-Roy, G., Kingwill, R., & Chigbu, E. U. (2024). *Teaching Essentials for Responsible Land Administration: Considerations for Future Education and Training*. FIG Position Paper. https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2025/March_2025/TERLA-SWOT-PositionPaper-final.pdf
- Koeva, M., Bennett, R., & Persello, C. (2022). Remote Sensing for Land Administration 2.0. *Remote Sensing*, 14(17), 4359. <https://doi.org/10.3390/rs14174359>
- Marzatico, F., & Balas, M. (2024). *FIG Publication No. 24: Still relevant after 20 years – A review and pathway for revision*. FIG Working Week Proceedings, Accra, Ghana. [https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2024/papers/ts07h/TS07H_marzatico_balas_12670.pdf \[20240206_F...years ...\]](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2024/papers/ts07h/TS07H_marzatico_balas_12670.pdf [20240206_F...years ...])

van Oosterom, P., Abdul Rahman, A., Kara, A., & Kalogianni, E. (Eds.). (2024). *Proceedings of the 12th International FIG Workshop on the Land Administration Domain Model (LADM) & 3D Land Administration*. International Federation of Surveyors (FIG). <https://gdmc.nl/3DCadastres/workshop2024/>
ISBN: 978-87-93914-17-9 (Electronic), 978-87-93914-16-2

Stubkjær, E., Whittal, J., Hull, S., Çağdaş, V., Bayer, C. T., Meggiolaro, L., ... Folmer, E. (2025). The governance of global land sector semantic resources – status and pathways. *Survey Review*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00396265.2025.2543611>

UN-GGIM. (2020). *Framework for Effective Land Administration*. United Nations. <https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/FELA-Framework-for-Effective-Land-Administration.pdf>

Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2010). *Land Administration for Sustainable Development*. ESRI Press.

BIOGRAPHICAL NOTES

Rohan Bennett is Chair, Commission 7 (2023-26) of the FIG. He is a Professor in Information Systems, specializing in geospatial, cadastral, surveying and land data science. He earned a PhD from the University of Melbourne in 2008, and holds other degrees in Science (Information Systems) and Engineering (Geomatics, Honors). Over two decades he has designed, developed, and delivered award winning undergraduate, postgraduate and tailor-made educational programs - working with leading institutions including Swinburne; University of Twente (Netherlands), Technical University of Munich (Germany); and the University of Melbourne. He has also collaborated and consulted extensively with developing contexts, helping to build academic capacity in government and universities across Eastern Africa, Eastern Europe, and South East Asia. He has won and led large-scale international research grants totalling over \$5M AUD. He has co-authored over 100 high-ranking journal papers, working at the intersection of system design, analysis and evaluation, with a specific focus on property registration and land information systems.

Paula Dijkstra is Director a.i. of Kadaster International responsible for the coordination of Kadasters international activities and international cooperation projects. Kadaster International provides worldwide advisory services in the domain of land administration, e-governance, geo-information services and SDI. Paula is working for the international department since 2011. She obtained a Master degree in Social Geography and a grade in cadastral data acquisition and 3D modelling. In her role as conference director she organised and hosted, together with the International Federation of Surveyors, the 1st virtual FIG e-Working Week. In 2025 Paula was selected as Chair Expert Group of Land Administration and Management for the UNGGIM.

Dr. Claudia Lindner is a Land Administration Advisor at Kadaster International, The Netherlands. She works broadly on strengthening land governance through participatory mapping, remote sensing, fit-for-purpose cadastral methods, and digital tools that enhance

tenure security. Her academic and professional background includes roles in both research and implementation, notably being involved with the Institute for Geoinformatics, University of Münster, and the ITC at the University of Twente. She has presented on land administration ecosystems in forums like UNECE and FIG. Her work focuses on innovation, community engagement, and combining technological advances (e.g. UAVs, geospatial tools) with institutional design to make land administration more accessible, equitable, and sustainable.

CONTACTS

Rohan Bennett
Chair, Commission 7
International Federation of Surveyors
E-mail: figcommission7@fig.net
Website: <https://www.fig.net/organisation/comm/7/>

The Guidelines for the Brazilian Multipurpose Cadastre and its Relations with International Frameworks: LADM, STDM, Fit-for-purpose and FELA

Guilherme LINHEIRA, Hatan Pinheiro SILVA, Everton da SILVA, Liane Ramos da SILVA, Francisco Eduardo de Mello Franco SÁ and Diego Alfonso ERBA, Brazil

Keywords: Multipurpose Cadastre, Ordinance No. 3,242/2022, FIG, LADM, FELA, STDM

SUMMARY

This paper analyzes Brazil's Ordinance No. 3,242/2022, which establishes guidelines for the multipurpose cadastre, highlighting its alignment with international technical and conceptual frameworks. The research adopts a qualitative, analytical, and documentary approach, focusing on a normative analysis of the Ordinance and documents from institutions such as the International Federation of Surveyors (FIG), ISO, and UN-GGIM. Key structuring aspects of the multipurpose cadastre are emphasized, including the definition of land parcels, parcel certification, the concept of territorial objects, cadastral reference networks, and the creation of a Real Estate Market Observatory. The results demonstrate that the Brazilian regulation reflects significant conceptual advances, incorporating principles such as multipurpose use and fit-for-purpose, while also drawing on national experiences, particularly from the rural context. It is concluded that Ordinance No. 3,242/2022 represents a milestone for cadastral modernization in Brazil, aligning the country with international practices and projecting future challenges related to the adoption of multidimensional cadastres and the integration of emerging technologies.

Palavras-chave: Cadastro Territorial Multifinalitário, Portaria 3242/2022, FIG, LADM, FELA, STDM.

RESUMO

Este trabalho analisa a Portaria nº 3.242/2022, que estabelece diretrizes para o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) no Brasil, evidenciando seu alinhamento com referenciais técnicos e conceituais internacionais. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, analítica e documental, centrada na análise normativa da Portaria e em documentos produzidos por instituições como a Federação Internacional dos Geômetras (FIG), a ISO e o UN-GGIM. São destacados aspectos estruturantes do CTM, como a definição de parcela territorial, a certificação de parcelas, o conceito de objeto territorial, a rede de referência cadastral e a criação do Observatório do Mercado Imobiliário. Os resultados mostram que a normativa brasileira reflete avanços conceituais significativos, incorporando princípios como multifinalidade e fit-for-purpose, ao mesmo tempo em que dialoga com experiências nacionais, especialmente no meio rural. Conclui-se que a Portaria nº 3.242/2022 representa um marco para a modernização cadastral no país, colocando o Brasil em sintonia com as práticas internacionais e projetando desafios futuros relacionados à adoção de cadastros.

The Guidelines for the Brazilian Multipurpose Cadastre and its Relations with International Frameworks: LADM, STDM, Fit-for-purpose and FELA

Guilherme LINHEIRA, Hatan Pinheiro SILVA, Everton da SILVA, Liane Ramos da SILVA, Francisco Eduardo de Mello Franco SÁ, and Diego Alfonso ERBA, Brazil

1. INTRODUCTION

The Multipurpose Cadastre has been studied and implemented in Brazil since the early 1990s. Academically, the first initiative to address the topic in a graduate program was at the Federal University of Santa Catarina, which defined it as a concentration area in 1991. Since then, a significant number of research projects and technological innovation works have been developed in the country. These academic and professional contributions, influenced by advances in international conceptual frameworks, led the federal government to an important initiative aimed at encouraging municipal administrations to implement the Multipurpose Territorial Cadastre: the publication of Guidelines in the form of a ministerial ordinance (Portaria). The first ordinance, No. 511, was published in 2009 by the Ministry of Cities and was replaced in 2022 by Ordinance No. 3242 from the Ministry of Regional Development, which is the focus of this work.

The proposal for the current national multipurpose cadastre guidelines considered recent advances i) in cadastral systems, as seen in academic publications, ii) in monitoring successful experiences in Brazilian municipalities and other countries, iii) in discussions held at relevant events, and iv) in the experience of the Brazilian rural cadastre. Academic publications underpin terminologies such as territorial objects and real estate market observatories. Successful experiences in Brazilian municipalities include database modeling that already considers the parcel as a cadastral management element, with its definition based on mass cadastral surveys, enabling the use of the territorial cadastre for urban policies and citizen services. Discussions at events have guided the simplification of databases by adopting the fit-for-purpose cadastre concept, coined by the International Federation of Surveyors (FIG).

The Brazilian rural cadastre provides the foundation for the terminologies of certified and non-certified parcels. The enactment of Federal Law 10.267/2001, known as the Law for the Georeferencing of Rural Properties, is undoubtedly the most representative legal milestone of Brazilian cadastral advances and follows the international movement led by the FIG since the mid-1990s for cadastral modernization worldwide. This law introduced various cadastral aspects and principles widely applied in other countries. These include: the concept of the parcel as a territorial unit, the adoption of coordinate-based descriptions for parcel boundaries, the connection of coordinates to a single geodetic reference system, the identification of parcels through a unique, unambiguous, and stable code, the establishment of positional accuracy standards for parcel boundaries, and the strengthening of the objective aspect and the principle of speciality in property titles through the accurate description of parcel boundaries, among others. Certified and non-certified parcels are, therefore, concepts and terminologies adapted from the successful application of Law 10267/2001 in rural areas to the urban context, expressed in Ordinance No. 3,242/2022/MDR. These aspects represent a solution that simultaneously contemplates the identification of legal and actual boundaries and the creation of a single cadastral base with all parcels.

The formulation of the current guidance for the multipurpose cadastre, expressed in Ordinance No. 3,242/2022, results from a historical process that gradually sought to align with principles and guidelines already consolidated internationally. The central objective of this work is to highlight this alignment, emphasizing the main theoretical-methodological aspects incorporated by the Ordinance and their relationship with the guidelines systematized by the International Federation of Surveyors (FIG), an institution that has played a central role in producing and disseminating technical references on territorial cadastre on a global scale. Methodologically, the research adopts a qualitative, analytical, and documentary approach, based on normative and conceptual analysis. The procedures involved examining Ordinance No. 3,242/2022, combined with a review of the main technical documents published by the FIG, which allowed for the identification of points of terminological and conceptual convergence between the analyzed references. Additionally, publications from the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM) are also considered, as its work has stood out in proposing standards and recommendations for geospatial information governance and integration worldwide. To systematize the results, a Synthesis Table of correlations was prepared, comparatively highlighting the relationships between the concepts of the Ordinance and their anchors in international technical frameworks and external references.

2. ORDINANCE 3242/2022: FUNDAMENTAL ASPECTS

The publication of Ordinance No. 3,242/2022 must be understood within a historical process marked by advances and discontinuities in territorial cadastre policies in Brazil. Federal concern with the theme dates back to the 1960s and 1970s, when initiatives such as the Federal Housing and Urbanism Service (SERFHAU) and the CIATA program sought to structure methodologies for real estate-based cadastral surveys, with an eminently fiscal bias limited to calculating the Brazilian property tax “IPTU” (Urban Building and Land Tax). Although relevant, these efforts did not consolidate into a permanent national policy, being interrupted by administrative reforms and budget constraints (CUNHA et al., 2019).

It was only in the early 2000s, with the creation of the Ministry of Cities (2003), that the territorial cadastre agenda was resumed at the federal level. Following a series of seminars and technical workshops, the agency published Interministerial Ordinance No. 511/2009, which represented a milestone by officially introducing the notion of the multipurpose cadastre. However, its legal nature remained advisory, not imposing on municipalities the obligation to implement territorial cadastres.

Although an important milestone for consolidating the debate on the multipurpose cadastre in Brazil, Ordinance No. 511/2009 was developed with reference to highly advanced and consolidated international models, whose full adoption required institutional, technical, and financial conditions that did not correspond to the reality of most Brazilian municipalities. By incorporating rigid concepts and highly complex standards, the regulation ended up imposing practical barriers to its implementation, especially in small and medium-sized cities, which lacked technological infrastructure, specialized technical staff, and budgetary resources to structure territorial cadastres as proposed (Linheira et. al, 2024).

These limitations highlighted the need for a regulatory review that, without sacrificing conceptual consistency, could offer greater flexibility and suitability to Brazilian conditions. It

is in this context that Ordinance No. 3,242/2022 emerges, built from a more pragmatic perspective aligned with the Brazilian reality – thus adhering to the fit-for-purpose principle, seeking to balance technical rigor with application feasibility, and offering a more viable path for the consolidation of the multipurpose cadastre in the country. Thus, the new ordinance can be considered an update of the previous one, realigning its theoretical-methodological approach with international best practices in the field of the multipurpose cadastre.

Ordinance No. 3,242/2022 and its theoretical-methodological approach are the result of a process of gradual evolution of cadastral policy in Brazil: from fragmented and discontinued initiatives in the 20th century, through initial consolidation with Ordinance No. 511/2009, to the incorporation of concepts with greater alignment to the international literature in 2022. Thus, more than a simple regulatory update, Ordinance No. 3,242/2022 signals an attempt to consolidate a modern, multipurpose, and fit-for-purpose oriented territorial cadastre in the country, adjusted to different municipal realities but in tune with global land administration standards (Steudler, 2014).

From the analysis of the content of Ordinance No. 3,242/2022, structuring elements that evidence the operational basis of cadastres were identified. Among them, the following stand out: the definition of multipurpose cadastre; the definition of a territorial parcel, including the differentiation between certified and non-certified parcels; the definition of a territorial object, contemplating the distinction between physical and legal territorial objects; the definition of a Municipal Cadastral Reference Network; and finally, the Real Estate Market Observatory. In this context – as mentioned in the Introduction of this work – it is intended to demonstrate, throughout section 3, how these elements align with the guidelines consolidated by the FIG in its technical publications on the subject.

3. CONCEPTUAL ALIGNMENT OF ORDINANCE NO. 3,242/2022 WITH INTERNATIONAL LITERATURE

3.1. Multipurpose Cadastre

Ordinance No. 3,242/2022 presents in Chapter I, called General Provisions, two articles directed at defining the multipurpose cadastre as an integrated system that combines the official inventory of municipal parcels with thematic information of a social, environmental, housing, infrastructure, tax, among other, nature. Complementarily, it defines that the territorial cadastre constitutes the geometric reference base, guaranteeing the integration and consistency of the different thematic cadastres (Brasil, 2022).

This conception is anchored in the concept presented in the technical report *Cadastral 2014: A Vision for a Future Cadastral System*, organized by Steudler and Kaufmann, published in 1998 by the FIG. The document, based on the experiences of countries like Germany and the Netherlands, which at the time already had integrated cadastral systems, presented guidelines for the future of the cadastre. This approach highlighted the need for cadastres to represent not only the location and extent of lands but also the associated rights, responsibilities, and restrictions. In this sense, the cadastre came to be conceived as a systematic public inventory of all legal territorial objects, defined by law, with precise delimitation of their contours and individual identification, including information about their nature, size, value, and the pertinent legal rights or restrictions (Steudler; Kaufmann, 1998).

This conceptual update, although seemingly simple, introduced a new paradigm in the use of cadastral systems. Concretely, the cadastre came to be understood as a much more comprehensive tool than the mere function of property registration, assuming a central role in various fronts related to territorial planning and management, besides generating benefits related to the real estate market. In practice, the consolidation of this concept established the initial bases for a process of international convergence, which, as it was gradually adopted by countries, paved the way for discussions on more robust standardizations, aiming to enable data exchange between different countries and territories, as well as the sharing of experiences and best practices.

In the case of Brazil, it is worth noting that Ordinance No. 511/2009 presented a conception of the cadastre with limited alignment with the international vision. Specifically, it restricted its approach and description of lands to territorial parcels, without clearly explicating the process of incorporating the associated rights, restrictions, and responsibilities. In this sense, Ordinance No. 3,242/2022 overcame these limitations by incorporating the notion of territorial objects and fully aligning with the definitions established in the international scenario.

3.2. Territorial Parcel

The use of the parcel as a cadastral unit has a long tradition in different countries. In continental Europe, for example, the Napoleonic cadastre in France established, in the early 19th century, the *cadastre parcellaire*, defining the parcel as the basis for taxation, agrarian management, and territorial regulation (Kain et al., 2023). In Switzerland, the cadastral system covers all parcels, including roads and public areas, recognizing them as full cadastral units, endowed with legal, ownership or institutional representation, used for multiple purposes, from urban planning to environmental management (Seiler, 2017). Similar experiences can be observed in countries like Sweden, Canada, and Australia, where the parcel constitutes the basis for multipurpose systems, articulating geospatial information and legal records, serving as a model for subsequent international formulations (Kaufmann, 2017). The modern conceptual outline of territorial parcels was also consolidated by the "Cadastre 2014" document. In this case, the territorial parcel consists of the fundamental cadastral unit, originating from the legal recognition of the relationship between people and land, being geometrically delimited by geodetic coordinates. Furthermore, the territorial parcel is the base unit to which territorial objects are linked, which consist of entities used to delimit the rights, restrictions, and responsibilities that eventually affect the parcel. Thus, the modern conception treats the parcel not only as a physical unit but as an organizing unit of territorial information, capable of supporting multiple administrative and public policy applications (Steudler; Kaufmann, 1998).

The consolidation of this understanding of the territorial parcel enabled the development of the Land Administration Domain Model (LADM), transformed into an international standard in 2012 (ISO 19152:2012). The LADM constituted itself as a data model and a semantic and IT framework intended for the standardized organization of geospatial and legal-administrative information on land, using the territorial parcel as the basic informational unit.

Concretely, the LADM operationalizes the conceptual approach introduced by Cadastre 2014, offering a systematic and computerized basis for modern land management. By defining

classes and relationships (e.g., spatial units, actors/parties, rights, and restrictions), the LADM also enabled interoperability between systems, facilitating the exchange, integration, and automated processing of cadastral data – essential conditions for the implementation of multipurpose territorial cadastres and for enhancing their capabilities as information infrastructure. Thus, the expanded conceptualization of the parcel and its operational formalization in the LADM provided both the theoretical foundation and the technical-computerized framework that allow today the articulation between spatial representation, legal records, and thematic bases.

In the Brazilian context, Ordinance No. 511/2009 defined the territorial parcel essentially as a cadastral unit derived from its geometric representation and descriptive attributes, still maintaining a strong link with the notion of an urban lot or rural property. This conception, although already seeking to contemplate the multipurpose nature of the cadastre, remained limited to the recording of spatial features for administrative use, without explicitly detailing the association with rights, restrictions, and responsibilities.

With the publication of Ordinance No. 3242/2022, a conceptual advance is observed, in line with international references. The notion of the parcel now explicitly incorporates the idea of a legal and administrative spatial unit, whose relevance is not restricted to geometry, but to its function as a basis for territorial governance. Thus, the current regulation approaches the LADM recommendations by recognizing the parcel as the core for the integration of spatial, legal, and management information, reinforcing its centrality in the structure of the multipurpose cadastre. The transition from Ordinance No. 511/2009 to Ordinance No. 3242/2022 reveals, therefore, a significant change: from a predominantly geometric and descriptive view of the parcel to an expanded conception, guided by the perspective of land administration and the multipurpose nature of the cadastre – in line with the path historically taken by countries that consolidated the parcel as the basis of their cadastral systems decades ago.

3.3. Parcel Certification

The introduction of parcel certification in Ordinance No. 3242/2022, with the distinction between certified and non-certified, finds a parallel in international discussions on the quality and reliability of cadastral information. Steudler (2014), when updating the principles of Cadastre 2014 towards Cadastre 2030, emphasizes that the effectiveness of land administration systems depends directly on the quality assurance of cadastral information. This perspective also connects to the *fit-for-purpose* principle, consolidated in the technical guide "*Fit-For-Purpose Land Administration*", organized by Enemark *et. al* and published by the FIG in 2015. The principle establishes that land administration and cadastre systems should be developed in a flexible, inclusive manner adapted to the socioeconomic context of each country, prioritizing low-cost solutions, rapid implementation, and broad coverage. Thus, instead of adopting overly complex and costly models, the focus proposes that systems be built to meet the immediate needs of society and can be gradually improved over time, guaranteeing formal and informal recognition of rights, restrictions, and responsibilities over land.

In Brazil, the experience of the Rural Property Cadastre, managed by INCRA, had already introduced certification as a central element of cadastral reliability. Since the early 2000s, land and environmental legislation began to require that rural properties be georeferenced and

certified by INCRA, as established by Decree No. 4,449/2002 and subsequent regulations. This requirement resulted in the development of the Land Management System – SIGEF, implemented in 2013, which automated the technical analysis and validation of the declared boundaries of rural properties. Certification, in this context, ensures that the geometry presented by the owner or occupant does not overlap other already certified properties, reinforcing the spatial consistency of the rural cadastral base and increasing the legal security of the records.

This experience contributed to consolidating in Brazil the notion that cadastral certification is an essential condition for the integration between spatial data and legal records. Within the scope of Ordinance No. 3242/2022, the introduction of the distinction between certified and non-certified parcels can be interpreted as an extension of this logic already consolidated in rural areas to the multipurpose cadastre. In line with *fit-for-purpose*, the Ordinance recognizes that, at an initial stage, the coexistence of non-certified parcels is admissible, to enable the implementation of the system. However, it also establishes the perspective of a gradual process of replacing non-certified parcels with certified ones, so that, at a more advanced stage, the multipurpose cadastre is composed exclusively of certified parcels.

Thus, parcel certification, while connecting to international trends of cadastral quality assurance, directly dialogues with the Brazilian experience in rural areas, constituting an important step towards strengthening the country's territorial governance.

3.4. Territorial Object

The concept of a territorial object, understood as a thematic element intended to identify rights, restrictions, and responsibilities, is in direct alignment with the Land Administration Domain Model (LADM), whose core structure is organized precisely around the RRR triad (Rights, Restrictions, Responsibilities) (ISO 19152:2012). This model establishes that not only the geometry of the parcel should be recorded, but also the totality of legal and administrative relations that affect the territory. By adopting such a perspective, the LADM provides the basis for cadastral systems capable of integrating legal, technical, and social information into a single conceptual structure.

This formulation also materializes the vision of *Cadastre 2014*, which argues that public restrictions on land use – such as permanent preservation areas, risk zones, listed heritage sites, or areas of urbanistic interest – should be registered with the same level of importance as private rights (Steudler; Kaufmann, 1998). This position represented a significant change from the tradition of cadastres focused only on individual property, recognizing that public interests also configure legitimate relations over the territory.

In the same sense, the Report *The Social Tenure Domain Model*, organized by Lemmen and published by the FIG in 2010, stands out. The model, known by the acronym STDM, emphasizes the need to register social tenure arrangements, recognizing the diversity of existing forms of territorial appropriation, especially in contexts of urban and rural informality (FIG, 2010). This perspective broadens the scope of land administration by admitting that tenure security does not derive exclusively from formal registration but can be guaranteed based on social practices recognized by the community.

In the Brazilian case, the incorporation of the territorial object concept by Ordinance No. 3242/2022 represents a significant advance by proposing a structure capable of integrating multiple thematic elements related to the territory, overcoming the traditional exclusive

emphasis on parcel geometry. This approach is particularly relevant in a country marked by the recurrence of possession as a form of land occupation, a situation that challenges cadastral models centered only on formal property. By recognizing real rights, administrative restrictions, and environmental and urbanistic responsibilities as constitutive dimensions of the multipurpose cadastre, the possibility is created to include and legally represent the plurality of existing relations between society and territory. In this way, the multipurpose cadastre expands its capacity to support public policies, promote social justice, confer greater transparency to territorial management, and offer instruments more adequate to the national land reality, while simultaneously bringing Brazil closer to international recommendations and best practices.

3.5. Cadastral Reference Network

The geometric dimension constitutes one of the central foundations of any cadastral system, as it ensures the precise and consistent representation of parcels in space. Since the publication of the *Cadastre 2014* document (FIG, 1998), it has been emphasized that the reliability of cadastres depends on the existence of a robust geodetic reference network, capable of guaranteeing spatial integrity and the comparability of information between different sources and levels of government. Thus, the notion that geometric precision is not just a technical requirement but a structural requirement for the effectiveness of the Multipurpose Cadastre was consolidated internationally.

This guideline was deepened in the *Framework for Effective Land Administration* (FELA), a document published in 2020 by the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). FELA aims to provide an international reference to support countries in modernizing their land administration systems, guiding them regarding principles, components, and best practices. In this context, it is emphasized that the robustness of the geodetic reference is an essential pillar, as it depends not only on cartographic accuracy but also on the legal and administrative security of cadastres. The fact that this recommendation comes from a UN body reinforces its global legitimacy and impact, promoting convergence between different nations around minimum standards of spatial reliability.

In the Brazilian case, the official base to meet this principle is the Brazilian Geodetic System (SGB), maintained by IBGE. The SGB constitutes the national geodetic infrastructure, composed of a set of reference stations (GNSS), geodetic markers, and leveling networks that materialize the Geocentric Reference System for the Americas (SIRGAS2000) in the territory. This structure enables the precise determination of coordinates, serving as the basis for all topographic and cartographic surveys in the country. However, the continental dimension of the Brazilian territory, the diversity of regional conditions, and the need for continuous maintenance of the network represent significant challenges for the consolidation of homogeneous and easily accessible coverage in all municipalities.

It is in this context that Ordinance No. 3242/2022 introduces an important guideline: the mandatory linking of parcels to a municipal cadastral reference network and, in its absence, to the SGB. This determination strengthens the geometric precision of cadastres, ensures their interoperability with other databases, and promotes the reliability of territorial information. Furthermore, it functions as a stimulus for municipalities to create and maintain their own

reference networks, expanding local capacity for territorial management and promoting the decentralization of the cadastral process.

In addition, Brazil has the recent publication of NBR 14166:2023 – Municipal Cadastral Reference Network, by the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). This standard establishes technical requirements for the implementation, maintenance, and use of cadastral reference networks, guiding everything from the choice and material of markers to positioning methods and precision specifications. The NBR represents an essential regulatory milestone for national standardization, providing clear parameters for states and municipalities to structure their networks, to integrate them into the SGB and, at the same time, meet local territorial management needs.

In the Brazilian case, the experience of implementing municipal cadastral reference networks is still uneven: in large cities, the consolidation of local geodetic markers is observed, while in small and medium-sized municipalities, dependence on the SGB prevails. The normative provision of Ordinance No. 3242/2022 constitutes, in this sense, a stimulus for the creation and maintenance of municipal networks, strengthening local capacity for territorial management and promoting greater decentralization of the cadastral process. This movement evidences that Brazil is in a process of institutional and normative strengthening in the geodetic field, aligning with international orientations and, at the same time, seeking solutions to the challenges inherent to its territorial reality.

3.6. Real Estate Market Observatory

The Multipurpose Cadastre has a strategic function that goes beyond the legal and geometric aspects of property, also reaching the economic and real estate sphere. In emerging countries like Brazil, where urban and rural dynamics are strongly impacted by processes of land valorization, speculation, and inequality in access to housing, the integration of cadastral information with market data is fundamental to subsidize fairer and more effective public policies. The property tax (IPTU), the main source of tax revenue for many municipalities, exemplifies the relevance of this dimension: its calculation base depends on the venal value of properties, which should reflect market prices. However, the outdatedness and lack of systematic updating of these values often compromise both municipal revenue and fiscal equity, reinforcing the need for institutional mechanisms for continuous monitoring of the real estate market.

In this context, the creation of the Real Estate Market Observatory, provided for in Ordinance No. 3242/2022, represents a relevant innovation by explicitly incorporating the economic dimension into the multipurpose cadastre. It is a structure intended for the collection, organization, and storage of data on the real estate market, allowing for the monitoring of the evolution of land prices, transactions, and land occupation dynamics in municipalities. This guideline resonates with international recommendations that assign the cadastre a central role in promoting transparency and efficiency in the land market. This vision is supported by FIG's *Cadastre 2014*, which already highlighted the importance of cadastres capable of integrating economic information, to support fair taxation and efficient land management.

In a more recent context, the *Framework for Effective Land Administration – FELA* (UN-GGIM, 2020) includes land market analysis within the scope of effective land administration, recognizing that monitoring real estate dynamics is an essential component for subsidizing public policies on housing, infrastructure, spatial planning, and taxation.

In the Brazilian case, the institution of local market observatories can contribute to facing historical challenges related to real estate speculation, lack of transparency in land transactions, and the difficulty of integrating economic and cadastral data. By linking the Observatory to the Multipurpose Cadastre, the Ordinance points to a model in which cadastral information is not restricted to the function of geometric and legal recording but also begins to directly support the formulation and monitoring of urban and rural policies, strengthening territorial governance.

4. ANALYTICAL SYNTHESIS

The comparative analysis conducted throughout this chapter demonstrates that Ordinance No. 3,242/2022 consolidates a significant conceptual evolution, aligning the Brazilian Multipurpose Cadastre in a structured way with the most advanced international technical references. As synthesized in Table 1, each fundamental aspect of the new regulation finds direct support in paradigmatic documents produced by FIG, ISO, and UN-GGIM.

Table 1. Synthesis of the conceptual alignment between Ordinance No. 3242/2022 and FIG/UN technical documents

<i>Conceptual Aspect (Ordinance No. 3,242/2022)</i>	<i>International Technical Reference Document</i>	<i>Main Points of Alignment</i>
Multipurpose Cadastre	FIG - <i>Cadastre 2014</i>	Vision of the cadastre as an integrated public inventory, going beyond property registration to be a data infrastructure aimed at territorial planning and management.
Territorial Parcel	FIG - <i>Cadastre 2014</i> ; ISO 19152:2012 - LADM	Concept of the parcel as the basic legal-administrative spatial unit, the core for the integration of spatial, legal, and management information.
Parcel Certification	FIG - <i>Fit-For-Purpose Land Administration</i>	Adoption of a flexible and evolutionary model (certified vs. non-certified), prioritizing initial coverage and continuous improvement of data quality and reliability.
Territorial Object	ISO 19152:2012 - LADM and FIG/UN-Habitat - STDM	Incorporation of the Rights, Restrictions and Responsibilities (RRR) triad, allowing the representation of formal and informal relationships with land.

Cadastral Reference Network	FIG <i>Cadastrre 2014</i> ; UN-GGIM - FELA	Emphasis on robust geodetic infrastructure as a pillar for geometric precision, interoperability, and legal security of the cadastre.
Real Estate Market Observatory	FIG - <i>Cadastrre 2014</i> and UN-GGIM – FELA	Integration of the economic dimension into the cadastre, promoting transparency in the land market and support for fiscal and planning policies.

The conception of the Multipurpose Cadastre is anchored in the prospective vision of *Cadastrre 2014*. The redefinition of the Territorial Parcel as a legal-administrative unit operationalizes the concepts of the LADM, while the distinction between Certified and Non-Certified Parcels pragmatically incorporates the *fit-for-purpose* principle. The introduction of the Territorial Object materializes the triad of Rights, Restrictions, and Responsibilities (RRR), central to the LADM and STDM, allowing the cadastre to represent the complexity of society-territory relationships. The requirement for a robust Cadastral Reference Network meets the FELA guidelines, and the provision of a Real Estate Market Observatory integrated with the CTM incorporates the economic dimension, as recommended by both *Cadastrre 2014* and FELA.

In summary, Ordinance No. 3,242/2022 positions Brazil in tune with the global movement that conceives cadastres not as mere static records, but as dynamic information infrastructures, essential for transparent, efficient, and equitable territorial governance, and guided by the principles of multipurpose use and fitness for purpose.

5. FUTURE PERSPECTIVES

Ordinance No. 3,242/2022 establishes a solid conceptual and operational foundation for the Multipurpose Cadastre in Brazil, aligning it with contemporary international best practices. However, the acceleration of the urbanization process and the advent of smart cities demand a continuous evolution of land administration systems. The future of the cadastre points towards the incorporation of new dimensions that capture the complexity of modern urban space, going beyond the 2D paradigm.

In this context, the implementation of 3D and 4D Cadastres emerges not as a mere technological innovation, but as a practical response to the management needs of complex urban structures. As highlighted by Polat and Ustuner (2015), the 3D cadastre is fundamental for representing and managing rights, restrictions, and responsibilities (RRR) over specific spatial volumes, solving problems of overlapping rights in high-density environments. Its application is crucial for:

- Complex Horizontal Property: Precisely representing vertically overlapping autonomous units, such as in shopping centers, airports, and mixed-use complexes, where different properties or usage rights coexist in the same location.
- Underground and Aerial Infrastructures: Clearly registering rights over tunnels, footbridges, galleries, and utility networks, which are essential for the functioning of a sustainable city.

- Air and Subsoil Rights: Enabling the independent management of space above and below the surface, a critical economic asset in consolidated urban areas.

The temporal dimension, which characterizes the 4D Cadastre, allows the management of the complete lifecycle of territorial assets, from project and construction to demolition, supporting a more dynamic and predictive urban management. The LADM (ISO 19152), which already provides a conceptual basis for 3D modeling, is the natural reference to guide this transition, ensuring the necessary standardization and interoperability.

Furthermore, the integration of the cadastre with other disruptive technologies is an inevitable path. The connection between Multipurpose Cadastre and Building Information Modeling (BIM) can create a "digital twin" of the built environment, where the cadastre manages the legal aspects and BIM models the physical and functional attributes of buildings. This symbiosis is a pillar for smart cities, enabling integrated management of energy, infrastructure maintenance, emergency response, and sustainable urban planning.

Finally, the consolidation of the CTM as the central component of the National Spatial Data Infrastructure (INDE) for territorial governance is the strategic goal. In this vision, the multidimensional and integrated cadastre acts as the main thematic reference platform of the INDE – a reliable and dynamic database that supports evidence-based decisions in critical areas such as mobility, housing, environmental protection, and disaster resilience. The multipurpose cadastre thus ceases to be a sectoral system to become a public utility, the 'nervous system' of the national territory within the spatial data infrastructure.

The journey of cadastral modernization initiated by Ordinance 3.242/2022 is, therefore, not complete. It prepares the ground for Brazil not only to match current standards but also to embrace the next frontier of land administration: a multidimensional and dynamic cadastre, positioned as critical infrastructure for the development of sustainable and smart cities.

REFERENCES

ABNT. (2023). *NBR 14166:2023 – Rede de Referência Cadastral Municipal*. Rio de Janeiro: ABNT

Brasil. (2002). Decreto nº 4.449, de 30 de outubro de 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília: Imprensa nacional

Brasil. (2009). Portaria Interministerial nº 511, de 7 de dezembro de 2009. Brasília: Ministério das Cidades

Brasil. (2022). Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional

Carneiro, A. F. T. (2003). *Cadastro imobiliário e registro de imóveis*. Porto Alegre: Fabris

Cunha, E.; Oliveira, F.; Julião, R. & Carneiro, A. (2019). *O cadastro urbano no Brasil: histórico e evolução*. GOT - Journal of Geography and Spatial Planning, (17), 55-74.

Enemark, S.; McLaren, R. & Lemmen, C. (2015). *Fit-for-purpose land administration guiding principles*. Global Land Tool Network (GLTN). Copenhagen, Denmark.

FIG; GLTN; UN-Habitat. (2010). *Design of a Prototype of the Social Tenure Domain Model (STDM)*. Nairobi: UN-Habitat.

INCRA. (2013). Sistema de Gestão Fundiária – SIGEF. Brasília: INCRA, Retrieved from <https://sigef.incra.gov.br>

ISO. (2012). *ISO 19152:2012 – Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM)*.

Kain, R. J. P.; Baigent, E. & Olsson, K. (2023). Cadastral maps: History – Geography – Historiography. *Estudios Geográficos*, 84(295), 1-27

Kaufmann, J. & Steudler, D. (1998). Cadastre 2014: A Vision for a Future Cadastral System. FIG Publication, n. 1. Berne: International Federation of Surveyors

Kaufmann, J. (2017) From a Traditional to a Comprehensive Cadastre. In: Williamson, I.; Enemark, S. & Wallace, J.(org.). *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. p. 13-30. Cham: Springer

Linheira, G.; Oliveira, F. H.; Silva, E.; Silva, L. R. & Erba, D. A. (2024). Transformações na regulamentação dos cadastros territoriais no Brasil: análise comparativa das Portarias nº 511/2009 e nº 3.242/2022. *COBRAC 2024*.

Pimentel, J. S. & Carneiro, A. F. T. (2012). Cadastro territorial multifinalitário em município de pequeno porte. *Revista Brasileira de Cartografia*, 64(2).

Polat, Z. A.; Ustuner, M. (2015). A New Approach for 3D Cadastre in Support of Urban Sustainability and Smart Cities. *Proceedings of FIG Working Week 2015*, Sofia, Bulgaria. Retrived from https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2015/papers/ts04c/TS04C_polat_ustuner_7652.pdf

Seiler, J.. (2017). The Swiss Cadastral System – Strong Involvement of Private Sector. *Kartog Plan*, 117(2), 113-122

Steudler, D. (2014). Cadastre 2014 and Beyond. *Proceedings of the FIG Congress 2014*. Kuala Lumpur: FIG

UN-GGIM. (2020). Framework for Effective Land Administration (FELA). New York: United Nations.

BIOGRAPHICAL NOTES

Guilherme Linheira is a geographer (UFSC), Master's and PhD in Territorial Planning and Socioenvironmental Development (PPGPLAN/UDESC). Experience in teaching, research, and consulting in the areas of Cartography, Geoprocessing, Planning, and Territorial Management. Currently, he works as a Technologist in Geographic and Statistical Information at the IBGE Superintendence in Goiás.

Hatan Pinheiro Silva is a Master's student in the Graduate Program in Transportation Engineering and Land Management at the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). He holds a BA in Geography (2019) from UFSC and a Specialization in Information Technology Management (2024) from the Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). He is a member of the Territory Observation and Transformation Group (GOTT - UFSC) and the Protected Areas Observatory (Observa - UFSC). He has experience in Cartography, Remote Sensing, Geoprocessing, and Unmanned Aerial Vehicles, with an emphasis on Multipurpose Cadastre and Territorial Management.

Everton da Silva holds a degree in Surveying Engineering from the União das Faculdades de Criciúma (1992), a Master's in Civil Engineering (1996) and a PhD in Production Engineering (2006) from the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) where he is a Professor in the Department of Geosciences and the Graduate Program in Transportation Engineering and Territorial Management within in the multipurpose cadastre research line. He has coordinated cadastral survey works and mass appraisal of properties for fiscal purposes in several Brazilian municipalities. He is an Associate Professor at the Lincoln Institute of Land Policy, where he collaborates on distance and in-person courses. He is of the CTM Community (ReDus). He is the leader of the Territory Observation and Transformation Group - GOTT.

Liane Ramos da Silva is an Associate Professor in the Department of Civil Engineering at the Federal University of Santa Catarina (since 2015). She holds a PhD in Civil Engineering (2005) and a Master's in Production Engineering (1999) from UFSC, focusing on multipurpose technical cadastre and land management. She earned her degree in Civil Engineering from the University of Amazônia (1996). She has coordinated numerous cadastral survey and mass property valuation projects for fiscal purposes in Brazilian municipalities. Her expertise lies in geomatics, encompassing cartography, multipurpose cadastre, property taxation, topographic surveys, and geoprocessing. She serves as Vice-Leader of the Territory Observation and Transformation Group (GOTT), and is a member of the CTM Community (ReDus).

Francisco Eduardo de Mello Franco Sá holds a degree in Architecture and Urban Planning from Universidade Santa Úrsula (2018) and a degree in Industrial Design from Universidade Positivo (2015), including one year of study abroad at the University of Illinois at Urbana-Champaign in the United States (2012-2013). He also holds a Master's degree in Transportation Engineering and Land Management at the Universidade de Federal Santa Catarina and is a research fellow of the Territory Observation and Transformation Group (GOTT). He has worked with architecture and urban planning projects in both private firms

and public companies. His investigations include GIS, multipurpose cadastre, urban policies, artificial intelligence, BIM, and parametric design.

Diego Alfonso Erba is a Land Surveyor Engineering from Universidad Nacional de Rosario, Argentina (1987). Master Science in Remote Sensing from Universidade Federal de Santa Maria, Brazil (1993) and Master Science in Multipurpose Cadastre from Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil (1995). Doctor in Surveying Sciences from Universidad Nacional de Catamarca, Argentina (1998). He did Postdoctoral research in GIS for Water Bodies at Natural Resource Center of Shiga University, Otsu, Japan (2000), a Postdoctoral research in GIS for Urban Applications at LabClark IDRISI of Clark University, Massachusetts, USA (2003) and Postdoctoral research in Urban Cadastre at the Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador (2015).

CONTACTS

Guilherme Linheira

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

BRAZIL

E-mail: guilherme.linheira@hotmail.com

Website: <http://gott.ufsc.br/>

Hatan Pinheiro Silva

Universidade Federal de Santa Catarina

Rua João Pio Duarte Silva, 205

Florianópolis

BRAZIL

E-mail: hatanpinheiro@gmail.com

Website: <http://gott.ufsc.br/>

Everton da Silva.

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências - CFH

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima

88040970, Florianópolis, BRAZIL

Phone: 55 (48) 37218596

E-mail: everton.silva@ufsc.br

Homepage: <http://gott.ufsc.br/>

Liane Ramos da Silva.

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil - CTC

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima

88040970, Florianópolis, BRAZIL

Phone: 55 (48) 37212397

E-mail: liane.ramos@ufsc.br

Homepage: <http://www.labfsg.ufsc.br/>

Francisco Eduardo de Mello Franco Sá
Universidade Federal de Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva, 205
Florianópolis, BRAZIL
E-mail: franciscoeduardo.mfsa@gmail.com
Website: <http://gott.ufsc.br/>

Diego Afonso Erba
Universidade Federal de Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva, 205
Florianópolis, BRAZIL
E-mail: diegoerba@gmail.com
Website: <http://gott.ufsc.br/>

Efectividad y Divulgación del Marco FELA de UN-GGIM para la Administración del Territorio en Iberoamérica

Carmen FEMENIA-RIBERA, Amalia VELASCO MARTÍN-VARES, Elsie FERNÁNDEZ REA and Gaspar MORA-NAVARRO, Spain

Palabras Clave: FELA, UN-GGIM, administración del territorio, catastro, Iberoamerica, cartografía, divulgación

RESUMEN

El Marco para la Administración Efectiva del Territorio (FELA), desarrollado por Naciones Unidas a través del Comité de Expertos para la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM), constituye una referencia estratégica para modernizar, fortalecer y armonizar los sistemas de administración de tierras en el mundo. Sin embargo, en Iberoamérica su conocimiento y adopción siguen siendo limitados, en gran medida por la fragmentación institucional, la coexistencia de catastros y registros poco interoperables y las barreras idiomáticas, ya que la mayor parte de la documentación y difusión se mantiene en inglés. El objetivo de este estudio es examinar la efectividad y divulgación de FELA en Iberoamérica, identificando los principales retos y oportunidades para su implementación. Para ello, se revisó la literatura especializada, se recopiló información de eventos y ponencias relacionadas con FELA, y se desarrolló un geoportal interactivo que organiza y analiza dichos datos, con especial énfasis en el contexto hispanohablante. Como conclusiones, se destaca que la implementación de FELA en Iberoamérica enfrenta desafíos estructurales: inseguridad en la tenencia, debilidad institucional, falta de coordinación interinstitucional, datos incompletos y desigualdades en el acceso a la tierra. Para superarlos, resulta esencial: (i) ampliar la difusión en español y portugués; (ii) fortalecer la cooperación entre organismos regionales como el Comité Permanente del Catastro en Iberoamérica (CPCI), la Red Interamericana de Catastro y Registro de la Propiedad (RICRP), o la Asociación Panamericana de Profesionales de Agrimensura y Topografía (APPAT) y los foros internacionales de UN-GGIM y la Federación Internacional de Geómetras (FIG); (iii) promover un grupo iberoamericano específico sobre administración del territorio; y (iv) reforzar la participación académica para impulsar una adaptación contextualizada del marco. Estas acciones son claves para avanzar hacia sistemas de administración territorial más efectivos, inclusivos y sostenibles en la región.

Effectiveness and Dissemination of the UN-GGIM FELA Framework for Land Administration in Ibero-America

Carmen FEMENIA-RIBERA, Amalia VELASCO MARTÍN-VARES, Elsie FERNÁNDEZ REA and Gaspar MORA-NAVARRO, Spain

Key words: FELA, UN-GGIM, land administration, cadastre, Ibero-America, cartography, dissemination

SUMMARY

The Framework for Effective Land Administration (FELA), developed by the United Nations through the Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), serves as a strategic reference for modernising, strengthening, and harmonising land administration systems worldwide. However, in Ibero-America, awareness and adoption of FELA remain limited, mainly due to institutional fragmentation, the coexistence of land registries and records that are not very interoperable, and language barriers, as most documentation and dissemination are in English. The objective of this study is to examine the effectiveness and dissemination of FELA in Ibero-America, identifying the main challenges and opportunities for its implementation. To this end, the specialised literature was reviewed, information was compiled from events and presentations related to FELA, and an interactive geoportal was developed to organise and analyse this data, with a special emphasis on the Spanish-speaking context. The conclusions highlight that the implementation of FELA in Ibero-America faces structural challenges: insecurity of tenure, institutional weakness, lack of inter-institutional coordination, incomplete data, and inequalities in access to land. To overcome these challenges, it is essential to: (i) expand dissemination in Spanish and Portuguese; (ii) strengthen cooperation between regional organisations such as Comité Permanente del Catastro en Iberoamérica (CPCI), Red Interamericana de Catastro y Registro de la Propiedad (RICRP), or Asociación Panamericana de Profesionales de Agrimensura y Topografía (APPAT) and the international forums of UN-GGIM and International Federation of Surveyors (FIG); (iii) promote a specific Ibero-American group on land administration; and (iv) strengthen academic participation to promote a contextualised adaptation of the framework. These actions are crucial to advancing more effective, inclusive, and sustainable land administration systems in the region.

Efectividad y Divulgación del Marco FELA de UN-GGIM para la Administración del Territorio en Iberoamérica

Carmen FEMENIA-RIBERA, Amalia VELASCO MARTÍN-VARES, Elsie FERNÁNDEZ-REA and Gaspar MORA-NAVARRO, Spain

1. ¿QUÉ ES FELA? ¿SE CONOCE EN IBEROAMÉRICA?

La tierra siempre ha sido esencial para la humanidad, no solo como espacio físico para habitar y desarrollarse, sino también como un pilar fundamental de la economía y la estabilidad de los países. En este contexto, los sistemas de administración del territorio constituyen la base para la gestión eficiente de este valioso recurso. Sin embargo, en muchas partes del mundo, estos sistemas aún presentan importantes deficiencias: las relaciones entre las personas y la tierra no están completamente documentadas —como ocurre con catastros incompletos o desactualizados—, existen marcos legales ambiguos y la coordinación institucional es ineficiente, con datos no estandarizados ni compartidos adecuadamente. Estas limitaciones dificultan una gobernanza territorial eficaz y evidencian la necesidad urgente de adaptar los sistemas existentes a las demandas sociales, económicas y tecnológicas contemporáneas.

En respuesta a estos desafíos, en el seno de las Naciones Unidas, se ha desarrollado el Marco para la Administración Efectiva del Territorio (FELA), con miras a contribuir al diseño e implementación de sistemas de administración de tierras modernos, eficientes y adecuados al propósito (UN-GGIM LA, 2020a). Dado que la mayoría de la población no goza de derechos seguros sobre la tierra, el FELA cobra relevancia al promover sociedades más sostenibles e inclusivas, acelerando los esfuerzos para asegurar los derechos sobre la tierra y la propiedad para todos. Este marco proporciona una guía estratégica hacia los planes de acción específicos de los países y aboga por el fortalecimiento continuo de los procedimientos, técnicas y herramientas de administración y manejo territorial. El marco enfatiza que la administración del territorio debe ser conforme al propósito, apropiada y adecuada, interoperable y sostenible, flexible e inclusiva.

Desde su creación, se ha trabajado activamente en la difusión del FELA, incluyendo la traducción del marco a varios idiomas —como inglés, español, árabe, francés, holandés y chino—, así como la organización de reuniones de expertos, congresos y seminarios que abordan estudios relacionados con su implementación. No obstante, a pesar de la disponibilidad de estas traducciones, persiste una problemática fundamental: la divulgación efectiva del marco sigue concentrándose predominantemente en el idioma inglés, tal como se ha podido comprobar en este estudio. Esta centralización lingüística limita su alcance y dificulta su adopción en contextos donde el inglés no es la lengua principal, restringiendo así su potencial de impacto global. Por esta misma razón, dada la escasez de documentación sobre el FELA en español y tratándose del presente estudio sobre su difusión en Iberoamérica, se ha decidido hacer este artículo y su presentación en el congreso en idioma español.

Como objetivo de este estudio se examina la efectividad y divulgación del FELA en Iberoamérica. El estudio revisa la literatura sobre administración del territorio y sobre el FELA, y recopila eventos sobre su divulgación e implementación. Se evalúa el potencial del FELA para la región para proponer estrategias que permitan mejorar su adopción,

considerando las realidades de los países iberoamericanos. Organismos como UN-GGIM, y su red académica (UN-GGIM Academic Network), FIG, CPCI, RICRP y APPAT juegan un papel clave en la divulgación y puesta en marcha de los principios del FELA.

A continuación, se introduce al lector en el contexto y los antecedentes del FELA en español, ya que hay un gran número de hispanohablantes desconocedores de este marco.

1.1 UN-GGIM: Organización mundial de las Naciones Unidas para la Gestión Global de la Información Geoespacial

Para establecer el contexto en donde se enmarca el FELA es necesario hablar previamente de UN-GGIM. Es una organización que tiene como propósito liderar la definición de prioridades y directrices para el desarrollo y aprovechamiento de la información geoespacial a escala mundial. Su misión principal es promover el uso estratégico de los datos geoespaciales como herramienta fundamental para enfrentar desafíos globales, tales como el cambio climático, la sostenibilidad ambiental y la gestión del riesgo. En este marco, UN-GGIM actúa como un foro intergubernamental de cooperación y coordinación entre los estados miembros y organizaciones internacionales, fomentando el fortalecimiento de capacidades, el intercambio de conocimientos y la adopción de estándares comunes en el ámbito geoespacial. UN-GGIM trabaja a través de grupos regionales, siendo el grupo de trabajo UN-GGIM Américas el responsable de estas tareas en Latinoamérica.

UN-GGIM cuenta con un comité de expertos para cada grupo de trabajo definido en UN-GGIM. De interés en este estudio es el Grupo de expertos en Gestión y Administración del Territorio (UN-GGIM LA). Siendo los principales objetivos de este grupo de expertos:

- Desempeñar un papel de liderazgo a nivel de políticas al aumentar la conciencia política y resaltar la importancia para los tomadores de decisiones de la necesidad de una administración y gestión del territorio oportuna y adecuada.
- Fomentar el uso de herramientas y sistemas de información geoespacial para mejorar la seguridad jurídica de todos los ciudadanos del mundo con respecto al registro de la relación entre personas y tierra.

1.2 Red Académica UN-GGIM

Por otro lado, está la red académica de UN-GGIM (UN-GGIM AN), creada en 2015, cuyo objetivo principal es apoyar los propósitos y objetivos que el UN-GGIM se ha trazado con el fin de incentivar el desarrollo de la información geoespacial, para finalmente abordar los desafíos globales de la actualidad. Los siguientes son los miembros académicos de UN-GGIM AN que pertenecen países iberoamericanos: Antigua y Barbuda, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Portugal, Trinidad y Tobago, y Uruguay. La Universitat Politècnica de València (UPV) es miembro de UN-GGIM AN, siendo actualmente la única universidad española que forma parte de esta red. Los integrantes de la red académica no están divididos en grupos de expertos, como en UN-GGIM; por ello, aún no existe un conjunto de miembros que trabaje de forma específica en la administración del territorio.

1.3 FELA: Marco para la Administración Efectiva del Territorio

El Marco para la Administración Efectiva del Territorio o FELA (UN-GGIM LA, 2020a) nace del Grupo de Expertos UN-GGIM LA y es una referencia para desarrollar, renovar, reformar, fortalecer, modernizar o monitorear la administración territorial, consciente de las prioridades y circunstancias nacionales. Sus directrices se alinean con el Marco Integrado de Información Geoespacial (UN-IGIF)(UN-GGIM, 2018), y tienen como objetivo apoyar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) proporcionando una visión integral para la administración efectiva del territorio.

Las Naciones Unidas reconocen que un sistema efectivo de administración del territorio es esencial para el buen funcionamiento de un país. En este sentido, el FELA se concibe como un marco general consensuado que debe adaptarse a las realidades específicas de cada país, región o municipio. El FELA busca proporcionar una guía para mejorar las prácticas del manejo de territorio de los países, con el objetivo de abordar diferencias críticas en la gobernanza de la tierra y promover el desarrollo sostenible, garantizando que los sistemas de administración del territorio sean eficientes, igualitarios y responsables con las necesidades sociales.

Los requisitos y objetivos del FELA están alineados directamente con las vías estratégicas de UN-IGIF; por consiguiente, las nueve vías estratégicas para guiar su implementación abarcan:

- Gobernanza, Instituciones y Responsabilidad
- Política y Legal
- Financiero
- Datos
- Innovación
- Normas y estándares
- Asociaciones
- Capacitación y educación
- Promoción y concientización

Estas vías tienen como finalidad promover relaciones seguras entre las personas y la tierra, apoyar la innovación responsable, y fomentar alianzas para el desarrollo social, medioambiental y económico (UN-GGIM LA, 2020a).

Al alinearse con UN-IGIF, el FELA asegura que las prácticas de administración del territorio están integradas con estrategias de gestión de información geoespacial, promoviendo la interoperabilidad y el intercambio de datos entre diferentes sectores. Esto facilita la toma de decisiones basada en evidencia, mejora la coherencia de las políticas, y apoya el seguimiento eficaz del progreso hacia el cumplimiento de los ODSs.

En la administración del territorio en Iberoamérica se consideran fundamentalmente los organismos catastro y registro de la propiedad. Pero, tal como indican los principios de FELA, en una efectiva administración del territorio no solo deben trabajar y colaborar estas instituciones, sino que todo un entramado político, social, institucional, académico y del sector privado se debe de implicar para su correcto funcionamiento.

2. ANTECEDENTES IMPLANTACIÓN DEL FELA EN IBEROAMÉRICA

El Marco FELA fue presentado por primera vez en 2019 por el UN-GGIM, como un marco temático derivado de UN-IGIF. Su adopción formal tuvo lugar en agosto de 2020 durante la décima sesión de UN-GGIM, consolidándose como una referencia global para la transformación de los sistemas de administración del territorio. En agosto de 2021 durante la onceava sesión de UN-GGIM se presentó su traducción al español y se publicó en la web a finales del 2023 (UN-GGIM LA, 2020b, 2021). Desde su creación diversos grupos de trabajo y organismos internacionales han promovido su aplicación práctica a través de seminarios, proyectos piloto y publicaciones orientadas a su implementación progresiva en contextos nacionales y regionales.

En Iberoamérica, los sistemas de administración de tierras se caracterizan por una marcada fragmentación institucional, en gran parte derivada de la tradicional separación entre los catastros (registro gráfico, con inicio con fin tributario) y los registros de la propiedad (registro de derechos sobre la tierra) (Rojas Ferreyra, 2024). Esta dualidad ha dificultado históricamente la interoperabilidad entre ambas entidades, generando redundancias, vacíos de información y obstáculos para garantizar derechos de tenencia seguros y actualizados. A ello se suma un esquema de gobernanza predominantemente descentralizado, en el que las competencias territoriales suelen estar distribuidas entre distintos niveles de gobierno —nacional, provincial y municipal—, sin mecanismos eficaces de articulación ni flujos estandarizados de información (Femenia-Ribera et al., 2025; Lemmen et al., 2025; UN-GGIM, 2024). Esta realidad limita la capacidad de implementar políticas integradas de ordenamiento territorial y gestión del suelo. En este contexto, la necesidad de marcos como el FELA se vuelve crítica, ya que promueven un enfoque holístico, interoperable y multiescalar que permite superar estas barreras estructurales e impulsar una administración más efectiva, inclusiva y transparente de la tierra.

En América Latina y el Caribe, el FELA aún no ha llegado a las agencias catastrales a pesar de su rol fundamental en la administración del territorio, siendo la falta de coordinación institucional, —tanto vertical entre niveles de gobierno como horizontal entre sectores— uno de los principales retos por superar. Aun así, algunos países han dado pasos hacia una alineación con sus principios. México ha impulsado una Ley General de Catastros y Registros, orientada a la interoperabilidad y la gobernanza coordinada (Martínez Topete, 2024). Chile y la República Dominicana han evaluado sus infraestructuras espaciales y procesos registrales, identificando desafíos legales y de coordinación (Anilio Olguín, 2024; Rojas Ferreyra, 2024). En el Caribe, Trinidad y Tobago explora registros voluntarios como medida para ampliar la seguridad de tenencia, y Barbados destaca sus esfuerzos en la digitalización parcelaria y modernización institucional (Griffith-Charles et al., 2023; Murrell-Forde, 2024). En la provincia de Córdoba- Argentina, aunque aún no se ha implementado operativamente, se ha diseñado una reforma catastral que incorpora las directrices del FELA (Piumetto, 2025).

3. METODOLOGÍA

En este contexto, para examinar la efectividad y divulgación del FELA en Iberoamérica se revisa la literatura sobre administración del territorio, y sobre el FELA, y se recopilan eventos

sobre su divulgación e implementación. Por ello, esta investigación combina un estudio bibliográfico de artículos, informes y documentos, con la recopilación de información sobre eventos relacionados con el FELA en Iberoamérica, con la identificación de miembros activos de países iberoamericanos. Se analizan las actividades de UN-GGIM, el grupo de administración del territorio y su red académica, la FIG, el CPCI, el RICRP y APPAT, que promueven la modernización de la administración de tierras. Los eventos recopilados muestran la promoción del FELA por parte de distintos organismos, a través del intercambio de conocimientos y la difusión de buenas prácticas.

Se han realizado búsquedas por internet, con el apoyo inicial de IA, y utilizando distintas webs y bases de datos como: UN-GGIM, Web of Science, Scopus u OICRF. Además del contacto con organismos como UN-GGIM LA, FIG o Global Land Tools Network (GLTN) de UN-Habitat, se ha podido recopilar diversidad de información que se ha dividido en dos tipos fundamentales: eventos y artículos.

Respecto a la información de eventos recopilados se ha realizado una línea temporal para una mejor visualización y divulgación en español; aunque manteniendo el nombre del evento con su idioma original (Figura 1).

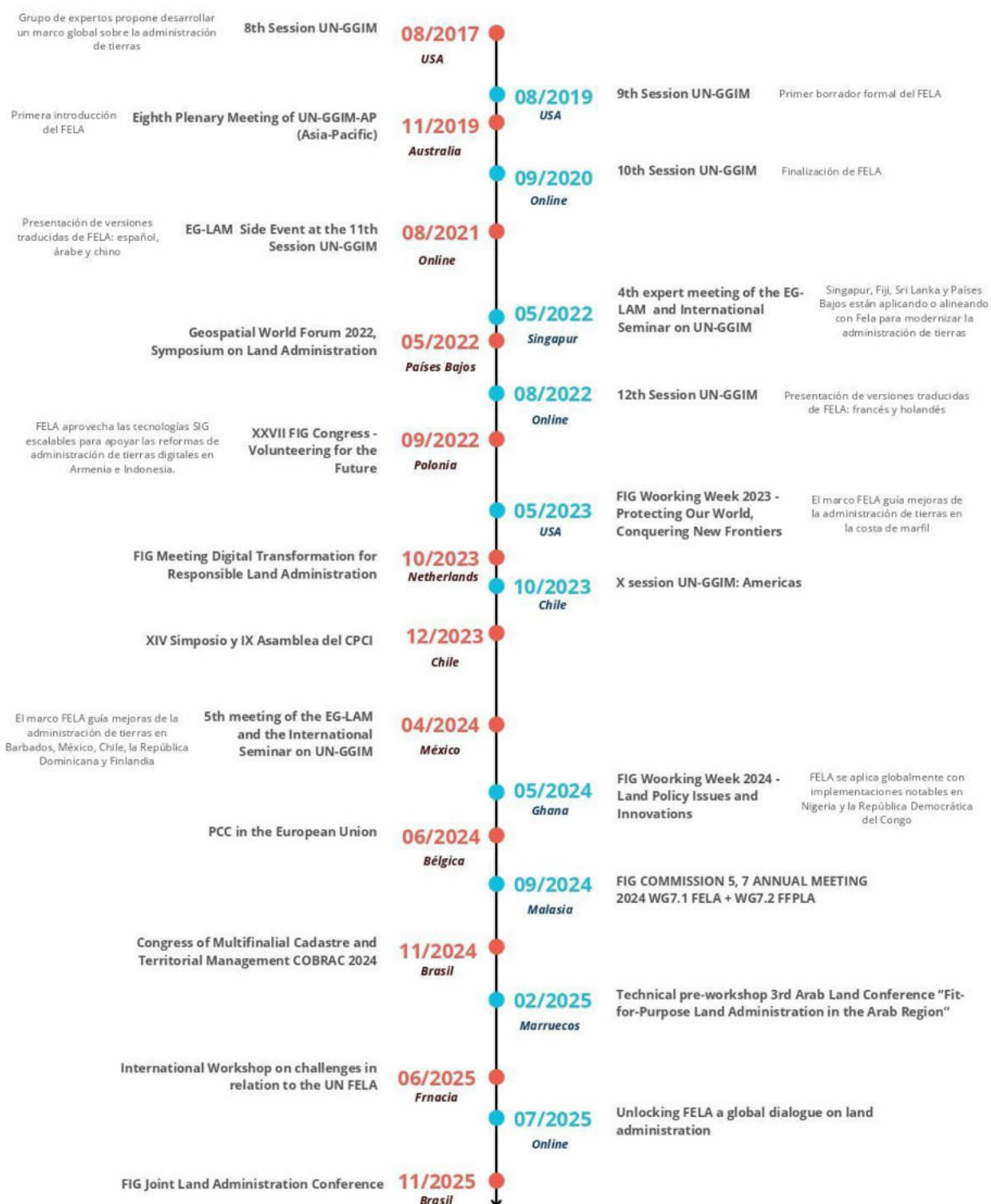


Figura 1. Línea Temporal de eventos del FELA. Fuente: Elaboración propia

Comenzando con la recopilación de la información de eventos se ha confeccionado una tabla organizada para una mejor comprensión y mejor análisis de la información; en dicha tabla se ha ido extrayendo información de distintos campos que se consideran relevantes para este análisis. Estos campos son: fecha, agencia organizadora, tipo de evento, país, título del evento, título de la presentación, autores, país de procedencia de los autores, institución de los autores, idioma, URL de la presentación y descripción.

Con toda esta información, ordenada en una tabla Excel, se ha realizado un primer análisis que se presenta en resultados y conclusiones. Un avance del trabajo realizado se presenta como imagen en la Figura 2.

Date	Agency	Type	Country presentation	Event Title	Title presentation	Authors	Country speakers	Agency speaker	Language	Document (URL)	Paper	General event	Description
3-5 November 2025	FIG	Conference	Florianópolis, Brazil	FIG Joint Land Administration Conference	Clares del estado del catastro español y sus retos para el futuro con relación con el FELA	Amalia Velasco	España		English				
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	FELA implementation experiences: Key achievement of FELA Principles in Sierra Leone	John Simba	Sierra Leone	Land Advisor at Sierra Leone Land Administration Project	English	TS			
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	FELA implementation experiences: El estado de la administración de tierras en México, una perspectiva registral y catastral desde el FELA	María Cruz	México	INEGI	Spanish	TS			Análisis basado
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	FELA implementation experiences: Towards Effective Land Administration: Lessons For and From Nigeria	Israel Tolera	Nigeria	The Federal Polytechnic, Ado-Ekiti	English	TS			FELA progress in
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	FELA implementation experiences: de SIT a SAT Orientaciones para integrar FELA en la provincia de Córdoba, Argentina	María Pluchette	Argentina	Centro de estudios territoriales (CET)	Spanish	TS			Modernizar el SI
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	Tools for land administration: FELA implementation: French urban planning: geospatial	Elisabeth Leliane	France	IGN France	English	TS			
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	Tools for land administration: UN tools to implement FELA	Regina Cruzamora	México	ONU Habitat	Spanish	TS			Herramientas de
27 July 2025	UN-GGIM (EG-LAM)	Webinar	online	Unlocking FELA a global dialogue on land administration	FELA and effective land administration	Eva-Marie Unger, Paula Depietri	the Netherlands	Kadaster	English	TS			
16-17 June 2025	France, UN-GGIM Europe, EuroGGIM, EuroSDR, JNG	Workshop	Paris, France	International Workshop on challenges in relation to the UN Framework for Effective Land Administration (FELA)	UN-GGIM Expert Group on Land administration and Management	Raffaella Andia	Chile	NDI Chile Co-chair of the UN-GGIM EG-LAM	English				https://www.unoosa.org/pdf/a/68/a_68_13_en.pdf
16-17 June 2025	France, UN-GGIM Europe, EuroGGIM, EuroSDR, JNG	Workshop	Paris, France	International Workshop on challenges in relation to the UN Framework for Effective Land Administration (FELA)	Introduction to UN-GGIM Framework for Effective Land Administration (FELA)	Eva-Marie Unger	the Netherlands	Kadaster International	English				https://www.unoosa.org/pdf/a/68/a_68_13_en.pdf
16-17 June 2025	France, UN-GGIM Europe, EuroGGIM, EuroSDR, JNG	Workshop	Paris, France	International Workshop on challenges in relation to the UN Framework for Effective Land Administration (FELA)	Results of FELA surveys	Anko Likic, Frederic Cantet	Slovenia, France	University of Ljubljana, IGN France	English				https://www.unoosa.org/pdf/a/68/a_68_13_en.pdf
16-17 June 2025	France, UN-GGIM Europe, EuroGGIM, EuroSDR, JNG	Workshop	Paris, France	International Workshop on challenges in relation to the UN Framework for Effective Land Administration (FELA)	Effective land administration in the Netherlands	Christelle van den Berg	the Netherlands	Kadaster	English				
16-17 June 2025	France, UN-GGIM Europe, EuroGGIM, EuroSDR, JNG	Workshop	Paris, France	International Workshop on challenges in relation to the UN Framework for Effective Land Administration (FELA)	FELA implementation: French urban planning: geospatial	Elisabeth Leliane	France	IGN France	English				https://www.unoosa.org/pdf/a/68/a_68_13_en.pdf

Figura 2. Imagen tabla resumen de eventos del FELA en el mundo. Fuente: Elaboración propia

Para una mejor visualización y mayor alcance de la información, se ha diseñado un geoportal (“Geoportal FELA”) que permita organizar los datos recopilados como herramienta interactiva de consulta y análisis. Dicho geoportal se encuentra en español para dar mayor difusión de este en el entorno iberoamericano.

En la Figura 3 se presenta una imagen con un mapa de ubicación de los eventos del FELA. La Figura 4 presenta un mapa con el país de procedencia de los distintos ponentes que han presentado algún artículo, o ponencia, en un evento sobre el FELA. Se están diseñando y desarrollando otras consultas que permitan dar mayor utilidad a la información. En estos momentos el *Geoportal FELA* se encuentra en fase de diseño y desarrollo, aunque hay una versión en pruebas en un servidor de la UPV.

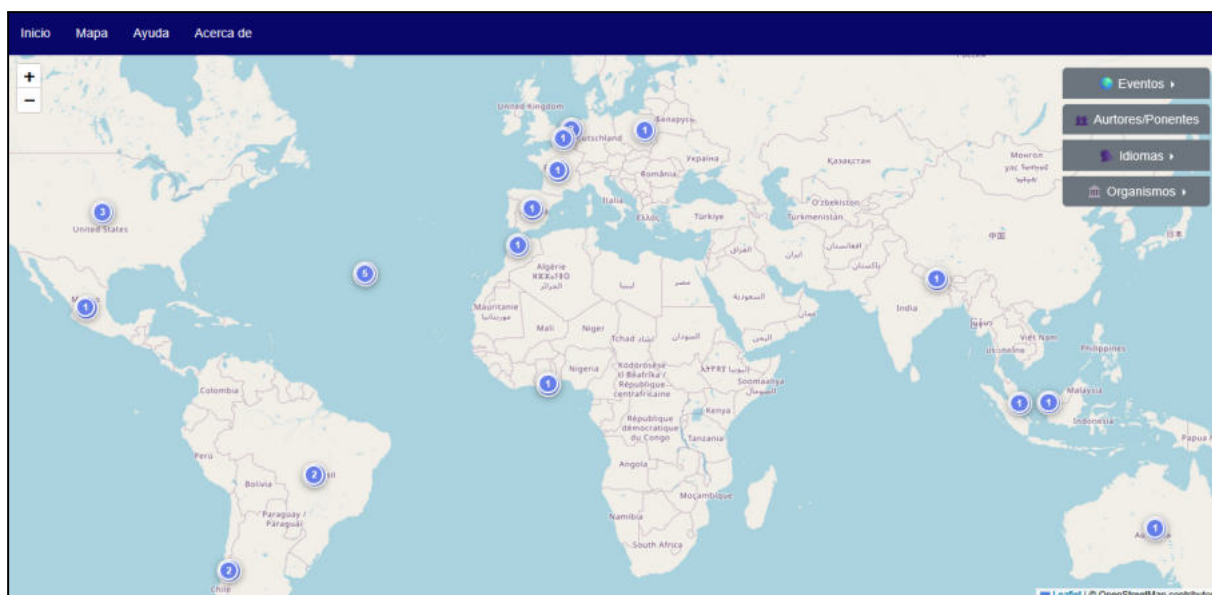


Figura 3. Geoportal FELA: Mapa ubicación eventos del FELA. Fuente: Elaboración propia

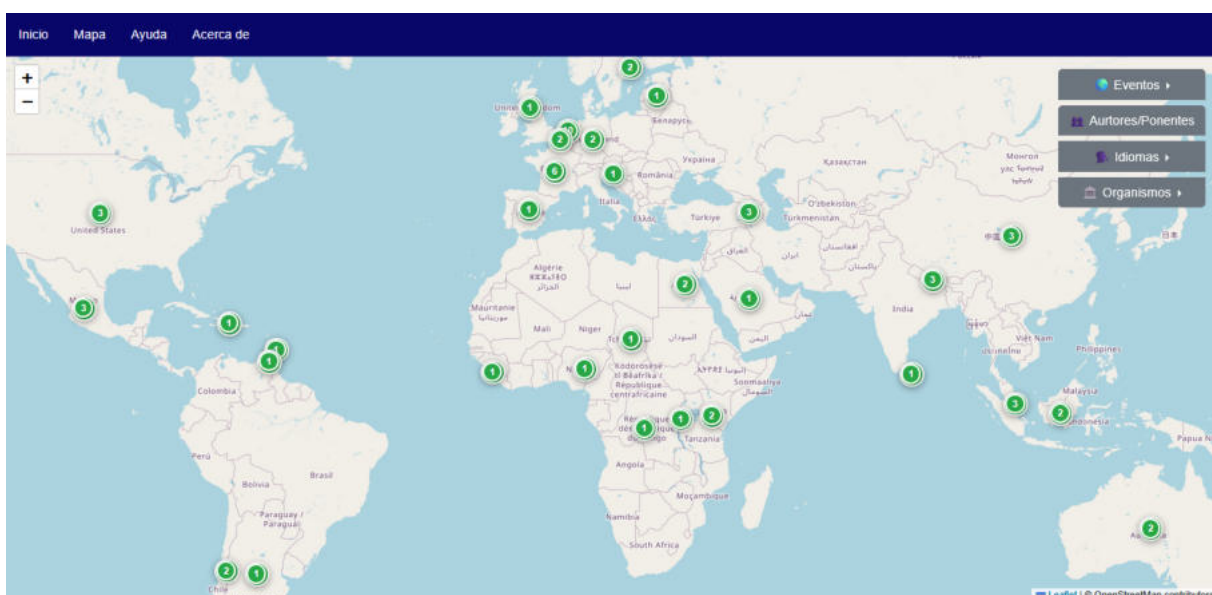


Figura 4. Geoportal FELA: Mapa de ubicación de ponentes del FELA. Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

Con base en la información recopilada en la Figura 2, se identificaron eventos vinculados con el FELA desde el año 2017 hasta la actualidad. Durante los primeros cuatro años, los eventos principales fueron las sesiones anuales del grupo de expertos de UN-GGIM, donde se discutieron los primeros lineamientos conceptuales y se presentaron los borradores iniciales del marco del FELA.

Hasta la fecha, se han registrado 25 eventos en los cuales se han presentado 63 ponencias relacionadas directamente con el Marco FELA. De estas, casi el 90 % fueron impartidas exclusivamente en inglés.

En el análisis se han incluido cada uno de los ponentes y su país de procedencia; y se han cuantificado los países de procedencia, y posteriormente el número de autores por país. En cuanto a la participación por país de los ponentes, los Países Bajos destacan significativamente con un total de 24 ponencias, seguidos a mayor distancia por España, Francia, Australia y Singapur. Otros países como México, Chile, Finlandia y Estados Unidos también han tenido una presencia destacada. Esta distribución es consistente con los datos sobre los autores únicos por país, siendo los Países Bajos el país con más ponentes individuales.

Respecto al tipo de evento, se observa una diversidad en los formatos utilizados para abordar el marco del FELA: se han realizado 7 reuniones de grupos de expertos, 4 congresos, además de seminarios, talleres, conferencias, reuniones anuales, así como 1 webinar, 1 asamblea y 1 pre-taller. En términos de las instituciones organizadoras, UN-GGIM, incluyendo sus delegaciones regionales: Europa, América, y el Grupo de Expertos en Administración y Gestión del Territorio del UN-GGIM (EG-LAM) ha liderado la organización con 12 eventos, seguido por la FIG con 6 eventos, y CPCI con 2 eventos, uno organizado y uno coorganizado. Finalmente, el análisis geográfico revela que América ha sido el continente con mayor número de eventos (8), de los cuales dos corresponden a las primeras reuniones técnicas para el desarrollo del marco FELA. Le siguen Europa y Asia con 3 eventos cada uno, África con 2, y Oceanía con 1 evento registrado.

5. CONCLUSIONES

FELA ofrece un marco valioso, pero su implementación en Iberoamérica enfrenta algunos desafíos como: inseguridad en la tenencia; sistemas formales e informales coexistentes; conflictos y falta de claridad en los derechos; debilidad institucional; falta de recursos, capacidad y coordinación en las instituciones; falta de información; datos imprecisos y falta de interoperabilidad entre sistemas; desigualdad y exclusión; acceso desigual a la tierra, obstaculizando su desarrollo (Femenia-Ribera et al., 2025).

El primer paso para la divulgación del FELA y su implementación efectiva en Iberoamérica es darlo a conocer; aunque se han realizado la mayoría de los eventos en América, casi todas las ponencias presentadas han sido en inglés. El inicio de una mayor apertura ha sido el reciente seminario web titulado “Desbloqueando FELA”, en julio de 2025 (EG-LAM, 2025), con traducción simultánea en 2 idiomas (inglés y español) de modo online al que asistieron unas 120 personas.

La cooperación regional y el intercambio de experiencias son esenciales para apoyar la adopción de FELA, para ello es necesario que organismos regionales iberoamericanos como

CPCI, RICRP o APPAT sean conocedores y se impliquen en mayor medida con UN-GGIM LA o FIGC7. Y que no solo miembros de UN-GGIM específicos sean los responsables de su difusión. Estos organismos juegan un papel clave en la divulgación y puesta en marcha de los principios de FELA. Se recomienda la participación iberoamericana en los grupos internacionales y el desarrollo de un grupo específico latinoamericano sobre administración del territorio con todos los agentes implicados, y no solo los Institutos Geográficos.

En cuanto al idioma, es necesario utilizar el idioma español y portugués para una mayor difusión y conocimiento. Es necesario que exista una colaboración conjunta, bidireccional, y que se consulte a estos organismos para conocer mejor las particularidades en la región y que permitan sentir como propias las directrices de FELA. El apoyo académico también es fundamental; a través de la red académica UN-GGIM sería de interés mayor participación iberoamericana y el desarrollar un grupo específico sobre administración del territorio. Estos serían unos primeros pasos, antes de abordar iniciativas específicas por países concretos, ya que permiten una mayor difusión y conocimiento general en la región y del mismo modo permiten compartir experiencias entre países con estructuras de catastro-registro similares. En fases más avanzadas ya se podrían plantear problemas y peculiaridades específicas a nivel nacional y regional por zonas en un mismo país.

Todo ello requiere compromiso político, fortalecimiento institucional y adaptación a los contextos nacionales. Abordar la inseguridad en la tenencia, la debilidad institucional, la falta de información y la desigualdad es crucial para crear sistemas de administración del territorio más eficientes y equitativos. El apoyo de UN a organismos como CPCI, RICRP o APPAT y la colaboración conjunta son cruciales para poder conseguirlo.

LISTADO DE ACRÓNIMOS, por orden alfabético

<i>Siglas</i>	<i>Nombre completo original en inglés / español</i>	<i>Traducción en español</i>
APPAT	Asociación Panamericana de Profesionales de Agrimensura y Topografía	–
CPCI	Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica	–
DICGF	Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (UPV)	–
EG-LAM	Expert Group on Land Administration and Management	Grupo de Expertos en Administración y Gestión del Territorio (UN-GGIM)
ETSIGCT	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (UPV)	–
FELA	Framework for Effective Land Administration	Marco para la Administración Efectiva del Territorio
FIG	Fédération Internationale des Géomètres / International Federation of Surveyors	Federación Internacional de Geómetras

GLTN	Global Land Tool Network (UN-Habitat)	Red Global de Herramientas de Administración de Tierras
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible	–
OEA-RIC RP	Red Interamericana de Catastro y Registro de la Propiedad (OEA)	–
OICRF	International Office of Cadastre and Land Records (documentation centre)	Oficina Internacional de Catastro y Registros de Tierras (centro de documentación)
UN-GGI M	United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management	Comité de Expertos de Naciones Unidas en Gestión Global de la Información Geoespacial
UN-GGI M LA	United Nations Global Geospatial Information Management – Land Administration (thematic area)	UN-GGIM — Administración del Territorio (área temática)
UN-IGIF	United Nations Integrated Geospatial Information Framework	Marco Integrado de Información Geoespacial de Naciones Unidas
UPV	Universitat Politècnica de València	–

REFERENCIAS

Anilio Olguín, R. (2024). *Management of geospatial data and cadastral data in Chile, a pending challenge*. In Fifth Expert Group Meeting on Land Administration and Management (EG-LAM) Seminar – UN-GGIM.

https://ggim.un.org/meetings/2024/Fifth-EG-LAM/documents/2.2._Raffaella_Olguin.pdf

APPAT. (n.d.). *Asociación Panamericana de Profesionales de Agrimensura y Topografía, APPAT*. <https://colegiotopografoscr.com/appat/>

CPCI. (n.d.). *Comité Permanente de Catastro en Iberoamérica, CPCI*. <http://www.catastrolatino.org/>

EG-LAM. (2025). *Unlocking FELA a global dialogue on land administration*. Femenia-Ribera, C., Mora-Navarro, G., Marques-Perez, I., Terol, E., & Quiza-Neuto, C. (2025). *Diagnosis of the Situation of the Land Administration System in Ibero-America. Land*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/land14071376>

FIG. (n.d.). *FIG Academic Members*. <https://www.fig.net/members/academic/index.asp>

GLTN. (n.d.). *GLTN Global Land Tool Network*. <https://gltn.net/>

Griffith-Charles, C., Elder-Alexander, S., & Naimool-Ramdass, A. (2023, May). *Land Registration for Conquering New SDG Frontiers*. In FIG Working Week 2023: Protecting Our World, Conquering New Frontiers - FIG. https://fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2023/papers/ts01i/TS01i_griffith-charles_12099.pdf

Lemmen, C., Van Oosterom, P., Kara, A., & Kalogianni, E. (2025). *The Land Administration Domain Model An Overview*. FIG.

<https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub84/Figpub84.pdf>

Martínez Topete, C. (2024). *Mexico's Experiences in the Implementation of FELA*. In Fifth Expert Group Meeting on Land Administration and Management (EG-LAM) Seminar – UN-GGIM.

https://ggim.un.org/meetings/2024/Fifth-EG-LAM/documents/2.3_Claudio_Topete.pdf

Murrell-Forde, L. (2024). *Implementing The Framework For Effective Land Administration In Barbados*. In Fifth Expert Group Meeting on Land Administration and Management (EG-LAM) Seminar – UN-GGIM.

https://ggim.un.org/meetings/2024/Fifth-EG-LAM/documents/2.1_Leandre_Murrell-Forde.pdf

OEA-RICRP. (n.d.). *Red interamericana de Catastro y Registro de la Propiedad, RICRP*.

<http://portal.oas.org/Portal/Sector/SAP/DptodeModernizaci3n del Estado y Gobernabilidad/NPA/MuNetCatastro/tabid/839/language/es-CO/default.aspx>

Piumetto, M. (2025). *FELA implementation experiences: de SIT a SAT Orientaciones para integrar FELA en la provincia de Córdoba, Argentina*. In Unlocking FELA a global dialogue on land administration

Rojas Ferreyra, R. A. (2024). *Key Elements of the Framework for Effective Land Management*. In Fifth Expert Group Meeting on Land Administration and Management (EG-LAM) Seminar – UN-GGIM.

https://ggim.un.org/meetings/2024/Fifth-EG-LAM/documents/3.1_Ridomil_Alejandro.pdf

UN-GGIM. (n.d.). *United Nations Global Information Management, UN-GGIM*. UN-GGIM.

<https://ggim.un.org/>

UN-GGIM. (2018). *Integrated Geospatial Information Framework: A strategic guide to develop and strengthen national geospatial information management*.

UN-GGIM. (2024). *Summary report: Fifth meeting of the Expert Group on Land Administration and Management*.

https://ggim.un.org/meetings/2024/Fifth-EG-LAM/documents/Summary_Report_Fifth_meeting_Aguascalientes_07May.pdf

UN-GGIM Academic Network. (n.d.). *United Nations Global Geospatial Information Management Academic Network, UN-GGIM Academic Network*. UN-GGIM.

<http://unggim.academicnetwork.org/>

UN-GGIM LA. (n.d.). *United Nations Global Geospatial Information Management Academic Network, Expert Group on Land Administration*. UN-GGIM. Retrieved August 7, 2025, from <https://ggim.un.org/Expert-Group-LAM.cshtml/>

UN-GGIM LA. (2020a). *Marco para la Administración Efectiva del Territorio (FELA)*. <https://ggim.un.org/Expert-Group-LAM.cshtml/>

UN-GGIM LA. (2020b). *Report at the Tenth session of the UN-GGIM Application of geospatial information related to land administration and management*. https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/E-C.20-2020-29-Add_1-Land-Administration-and-Management-17Jul2020.pdf

UN-GGIM LA. (2021). *Report at the Eleventh session of the UN-GGIM Application of geospatial information related to land administration and management*. https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/11th-Session/documents/E-C.20-2021-10-Add_1_LAM_29Jul2021.pdf

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado con ayuda de la Cátedra Nova Cartografía de la UPV. Agradecemos la colaboración en este estudio de Raffaella Anilio y Maria Silvia Céspedes, de UN-GGIM LA; y de Regina Orvanaños, de GLTN (UN-Habitat).

NOTAS BIOGRÁFICAS

Carmen Femenia-Ribera es Catedrática de Catastro en la Universitat Politècnica de València. Desempeña su labor académica e investigadora en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y en el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF). Es la Directora de la Cátedra Nova Cartografía, miembro activo en destacados organismos internacionales: la Comisión 7 de la Federación Internacional de Agrimensores (FIG), las Naciones Unidas para la Gestión Global de la Información Geoespacial en las Américas (UN-GGIM Américas) y el Comité Permanente de Catastro e Infraestructura de Información Territorial (CPCI).

Amalia Velasco Martín Vares es colaboradora en la Organización de las Naciones Unidas para la Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM) y en la Comisión 7 de la Federación Internacional de Agrimensores (FIG).

Elsie Fernández Rea es estudiante del Máster de Ingeniería Geomática y Geoinformación en la Universitat Politècnica de València (UPV). Actualmente realiza sus prácticas profesionales mediante una beca UPV en la Cátedra Nova Cartografía.

Gaspar Mora Navarro es profesor de desarrollos web y geoportales en la Universitat Politècnica de València, donde desarrolla su labor en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y en el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF). Es miembro de la iniciativa de las Naciones Unidas para la Gestión Global de la Información Geoespacial en las Américas (UN-GGIM Américas).

CONTACTOS

Carmen Femenia-Ribera

Universitat Politècnica de València (UPV)

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF)

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

SPAIN

Tel. +34 96 3877160

Email: cfemenia@cgf.upv.es

Website: <http://ccasat.upv.es>

Amalia Velasco Martín Vares

Barcelona

SPAIN

Email: amvemava@gmail.com

Elsie Fernández Rea

Estudiante de Máster de Ingeniería Geomática y Geoinformación en la Universitat Politècnica de València

Beca prácticas UPV en Cátedra Nova Cartografía

ECUADOR

Tel. +34 63 7727759

Email: eferre@topo.upv.es

Gaspar Mora Navarro

Profesor de desarrollos web y geoportales

Miembro UN-GGIM AN

Organización: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF) de la Universitat Politècnica de València (UPV)

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

SPAIN

Tel. +34 96 3877160

Email: joamona@cgf.upv.es

Website: <http://ccasat.upv.es>

Institutional Coordination and the Limited Reach of FELA to Latin American Cadastre

Amalia VELASCO MARTÍN-VARES, Sylvia AMADO APARICIO

Key words: FELA, Cadastre, land administration, Latino America, institutional coordination

SUMMARY

An effective Land Administration depends on clear and efficient collaboration among the public administration that work in the sector, private, and civil society actors. Framework for Effective Land Administration (FELA), the document in which UNGGIM-LA defines the approach to improve land governance and management, especially in developing countries, considers the coordination among institutions as a key component of this effective land administration.

In Latin American countries FELA has not yet reaching the cadastral agencies, despite their fundamental role in the administration of the territory. This is evident in the lack of awareness about this approach, under land governance frameworks that do not facilitate the FELA dissemination, assimilation and subsequent implementation. In this context, the lack of institutional coordination -including multilevel and multisector – was postulate as key factor that should be addressed.

The article analyzes, through documentation and interviews both with the heads of Latin American cadastral institutions, and with two of the main Geographic Institutes of the region, the distribution of competencies in land administration, the role of the cadastre and overall, the performance in the context of effective land administration

The study allows to assert that enhancing institutional coordination among land administration agencies – including multilevel agencies -, and between them and the regional and global contexts where FELA is addressed, is a key factor for cadastral institutions to effectively engage with FELA and achieve its outcomes in Latin America countries

Based on the FELA's essential elements for achieving effective institutional coordination, concrete solutions are proposed in this article, that will improve this coordination, the knowledge of FELA by the Cadastral institutions and its positive impacts that would allow cadastral institutions to boost their functioning and results.

Institutional Coordination and the Limited Reach of FELA to Latin American Cadastre

Amalia VELASCO MARTÍN-VARES, Sylvia AMADO APARICIO

1. INTRODUCTION

Framework for Effective Land Administration (FELA), approved in 2020 by the Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM) is the first document where UN formally acknowledged the central role of land administration in economic growth, social stability, environmental sustainability, resilience and equity by ensuring clarity about what land exists, who holds rights and responsibilities, where those rights apply, and how land is valued, used, and developed.

FELA offers a holistic approach—integrating governance, policy, finances, data, innovation, standards, partnerships, capacity and advocacy. It addresses the fragmentation that too often characterizes land administration, where responsibilities are sometimes split across multiple agencies and levels of government with little connection or coordination.

The objective of this article is to analyze the main reasons why FELA has not yet reached the cadastral agencies in Latin American countries; despite the fundamental role they play in land administration. Among the many factors that can explain it, the work focuses on institutional aspects, and in particular on the lack of coordination between the different actors involved in the processes inherent to Land Administration at the different levels of administration and in their governance schemes.

Likewise, to the extent that the FELA was generated and approved in the context of the UN GGIM expert groups, whether regional or thematic, such as the EG LAM, it was considered pertinent to analyze the degree of linkage of these groups with cadastral institutions.

1.1. Methodological Notes

As a source of direct survey, a consultation was carried out based on a set of semi-structured questions, addressed to authorities and referents of cadastral institutions in the region, mainly at the national level, and including some cases of subnational scope, according to the distribution of competences in force in each country.

In cases where it was considered necessary, more than one institution per country was included, and the possibility of accessing authorities willing to participate in the study on this subject was also considered. The direct consultation with these authorities responded to the purpose of obtaining information at the highest hierarchical level, as well as to identify their degree of involvement in the object of analysis, both in terms of the results and the definition of possible future lines of action.

The aim was to cover most of the Latin American region in terms of territorial area, as well as institutions that are generally present in the regional groups of dialogue, where they could be more familiar with FELA and have a greater predisposition to assimilate this type of good practice guides to improve the fulfillment of their tasks.

This consultation was qualitative in nature, covering a varied set of aspects that were structured in the following dimensions related to Land Administration:

- Institutional and regulatory framework
- Institutional coordination
- Knowledge about FELA
- Participation in FELA application
- Participation in Expert Groups – UN GGIM Americas and UN GGIM-LAM

It is understood that the level of responses obtained is relevant and allowed us to present results in general terms, without neglecting and indicating the heterogeneity of the situation found among the countries in order to identify findings and recommendations that are useful.

1.2. List of Cadastral Institutions that Participated in the Consultation

Argentina	Dirección General de Catastro Territorial de Provincia de Tierra del Fuego
Argentina	Dirección General de Catastro Territorial de Provincia de Formosa
Brasil	Município de Campinas
Chile	Servicio de Impuestos Internos, Ministerio de Hacienda
Chile	Ministerio de Bienes Nacionales
Colombia	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
Cuba	Instituto Nacional de Ordenamiento Territorial Urbano (INOTU)
Costa Rica	Registro Inmobiliario
Ecuador	Catastro Registral de Cantón Cañar
Guatemala	Instituto de la Propiedad (IP)
México	Instituto Geográfico y Catastral del Estado de Quintana Roo (IBGCE)
Perú	Organismo para la Formalización de la Propiedad (COFOPRI)
Perú	Superintendencia Nacional de Registros de la Propiedad (SUNARP)
Perú	Instituto Catastral de Lima
Rep. Dominicana	Dirección General de Catastro Nacional

1.3. Consultation to Geographical Institutes

It was considered pertinent to include consultations with geographical institutes of reference in the region, based on their participation in the UN-GGIM expert groups, without implying a massive survey, since the study focuses on cadastral institutions. Thus, the Geographic Institutes consulted were: the Agustín Codazzi Geographic Institute of Colombia (IGAC) and the National Institute of Statistics and Geography of Mexico (INEGI).

To prepare the questions to the geographical institutes, the survey carried out in 2024 by the UNGGIM Americas Land Administration working group to different Latin American institutions, mainly Geographic Institutes, was taken into account, in which they were asked about their knowledge of land administration, according to the concept designed by FELA, the result of which was that they know the concept and properly apply 38.46%, 30.76% know and partially apply the concept, 7.69% do not know the concept, 19.23% know, but do not apply themselves effectively.

One of the reasons that led to focus the research on cadastral institutions was the results of the aforementioned survey that describe the areas that respondents assimilate with the functions of LA where the cadastre is assimilated in 30.95%, the registries in 21.42%, the conservatory registry in 9.52%, the appraisals in 10.71%, territorial planning by 22.61%, the legal

framework adequate by the legal part by 1.19%, risk management 1.19%, land use is similar by 1.19%, and all of the above together by 1.19%.

The UN-GGIM Americas survey was mainly oriented towards aspects related to geospatial data. The article and its object of analysis focus on institutional aspects, which complement this approach in accordance with the holistic vision proposed by FELA.

The survey was complemented by a review of literature and background information at the international and regional level, on existing theoretical and information aspects, which were taken into account in the design of the consultation, as well as in the results described, and in the preparation of analyses, conclusions and recommendations

2. FINDINGS

Based on the responses provided by representatives of the cadastral agencies, the following section outlines the main findings regarding the institutional aspects involved in land administration, as well as their relationship with FELA and with the formal groups through which this issue is addressed at the regional level.

2.1. Institutional Framework for Land Administration

There is detailed knowledge of the set of institutions involved in LA. As can be seen in the tables attached, there are numerous institutions with diverse competencies at different levels of public administration. In general, the Cadastral Institutions are clearly identified as institutions of LA.

The concept of LA is presented in different ways, in some cases it is associated only with rural territories, linking it only to processes of reform or redistribution of land; or it is linked to the processes of the property regularization; cadastre-registry relation; urban planning and territorial organization or definition of public lands (ejido) and yet in few cases other aspects of LA are made explicit.

Few institutions recognize real estate valuation as an integral component of land administration. While they generally consider it part of cadastral responsibilities—since most cadasters list valuation as a core function—they nevertheless do not acknowledge it as a fundamental element of the land administration

In some cases, the list of institutions and tasks is very extensive, therefore, it is difficult to identify the governance scheme of LA in terms of processes for determining, recording and disseminating information about land in relation to its value, tenure, use and possible development.

In general, a government institution specialized or specifically responsible for LA is not clearly identified in Latin America. This characteristic distinguishes these countries from those involved in the drafting of the FELA document, particularly in contrast to certain European nations.

In many countries the cadastral competence is assigned at local level meanwhile the LA competences are distributed among the different levels of administration.

It is worth noting the complexity of the distribution of functions in Peru where the competences of LA are decentralized and fragmented among several institutions with overlapping competencies, and numerous institutions responsible for elaborate cadastre.

For instance, in Argentina which together with Mexico are the 2 federal countries of the region, the cadastral is a provincial competence and the administration of land in its different aspects is not delegated to the national government. Concurrently, there are national organizations that bring together provincial agencies to generate common policies throughout the country and some of them hold exclusive functions that it is necessary to carried out at the national level, as the National Geographic Institute.

2.2. Regulatory Framework

There is an abundance of regulations, including sectoral provisions and, in some instances, even general frameworks such as the Constitution or the rights of indigenous peoples. However, no specific regulations explicitly addressing land administration are identified or distinguished.

In this regard, it is observed that while numerous laws address certain functions of land administration individually, they remain fragmented and lack integration for the purposes of establishing an effective land administration. As illustrated by a referent from Chile, there is no specific political or regulatory framework that comprehensively encompasses land administration.

These regulations usually concern land use in relation to spatial planning and territorial management, as well as to rural matters such as land redistribution, the administration of state-owned lands, land allocation, and broader agrarian issues. Cadastral laws are occasionally mentioned; however, in general, it is not indicated that cadastral regulations are considered an integral part of the land administration framework.

In few instances, the role of the policy framework in land administration and the way policy decisions give rise to corresponding regulations discussed. Colombia is the only country that articulates precise policies with multi-level rules for the implementation of the cadastre, explicitly incorporating it into the Land Administration System (LAS).

2.3. Institutional Coordination on Land Administration

The responses affirmed the existence of institutional coordination in terms of land administration. However, they also reveal a highly heterogeneous interpretation of such coordination.

In some cases, formal bodies established by regulation, such as committees or councils, are mentioned; however, it is not clear whether they function effectively in practice or whether they do so with sufficient efficacy in relation to the issues they are intended to coordinate. Another level is represented by working meetings, some of which are held periodically while others lack clearly defined regularity, as well as by agreements reached on specific aspects. Institutional coordination is often understood primarily as the sharing of data or the provision of access to information for other institutional users, and, in some cases, for the citizen in general.

it is positive that the existence of coordination between cadastre and registry is indicated, which are an essential part of land administration systems, and that in most Latin American countries they are different institutions, although this mention of cadastre and registry coordination is not generalized.

The coordination between cadastre and Geographic Institutes is explicit in some occasions, at nation and subnational level, but is not generalized.

The coordination of valuation issues is explicit in some countries with cadastre with a clear fiscal orientation, such as Chile. However, although the valuation of real estate is an important function in most Ibero-American cadastre, it is not identified in many cases as LA and its coordination is not mentioned

The coordination of the institutions involved in tenure is indicated by several countries. Ecuador for the allocation of rural land, Mexico for the delimitation of “ejidos” or Brazil for the integration of data and systems that help in the distribution of land; among others.

The country where the incorporation of LA topics is most appreciated explicitly, is Colombia, where LA issues are being assimilated, and institutions with the corresponding mandates engage in dialogue and coordination for this purpose, as well as within the framework of establishing a Land Administration System (LAS).

Mexico also has formal instances and regular meetings for broad issues, from decisions for public policies to issues to improve cadastral operations in infrastructure, training, data integration, among others. In relation to LA there are councils at state and federal levels for territorial planning and urban development issues, and the state cadasters participated in jointed the Government Secretaries, and some time with local governments.

Difficulties in inter-institutional coordination are observed due to the siloed operation of multiple agencies with responsibilities in cadastre and land administration, even when formal frameworks exist for such purposes. In the case of Peru, as one of the referents indicated, the National Cadastre Council (CNC) should be an articulated and coordinated body for the management of cadastral information and its interoperability with the registry. However, in practice it has serious limitations. Its decisions are not binding on the participating institutions; rather, they function as coordination agreements and good practices, which reduces their effectiveness. In addition, the council lacks political weight and sufficient administrative capacity to lead the administration of land in a broad sense. As a result, land administration in Peru remains fragmented, with institutions acting in isolation and the CNC fails to integrate these efforts into a true national system of land administration.

Coordination between the subnational and national levels between cadastre is generally well explained. This coordination is an important part of cadastral management, especially in countries with decentralized governance schemes, where many of the cadastral competencies are local. However, there do not seem to be many cases of subnational cadastre participating in national instances on LA issues, as is the case with IGNs or SDIs at the national level.

Multisectoral coordination was highlighted only by Colombia and Mexico. In Colombia, the IGAC, where political guidelines are recognized that translate into actions to work at the territorial level with indigenous and Afro communities in the development of the multipurpose cadastre and an effort to incorporate other actors in a broader scheme is highlighted, including the private sector at the local level. Mexico expressed the exchange and actions with real state assessment and developers from the private sector, agreements with universities for researchs and new technologies applications for cadastral management and with non-governmental organizations to manage protected areas and support sustainable issues.

2.4. FELA Knowledge and Application

Before analyzing the results of this section, it should be noted that the interview was conducted with cadastre experts who usually participate in the activities of the Permanent Committee of the Cadastre in Ibero-America. Most reported that they are familiar whit FELA

primarily through these international activities, while acknowledging that other individuals or cadastral institutions may possess more extensive knowledge of it.

The interviewees have a very limited knowledge and assimilation of FELA although this situation is observed in different degrees. In some cases, reference is made to its fundamental concepts, among which are: interoperability, modernization, harmonization of procedures, technological updating, training, strengthening and institutional coordination. However, key sections of its content are not mentioned, e.g. its strategic paths are only mentioned once. Neither is there any mention of action plans at the country level, such as the strategy for implementation, nor is its role as a guide and as a framework document taken into account.

According to Chilean referent, whose SDI leads the UNGGIM-Americas group, institutional knowledge about FELA in Chile is not deep yet, and is currently focused within a specific professional domain, and there is no broad scope of intervention as a public policy.

In Mexico, another of the countries that participates most actively in UNGGIM through INEGI, the adoption of FELA remains quite isolated, with initiatives that are close to its principles but without a coordinated national strategy for its implementation. The biggest challenge remains the harmonization of the different land tenure systems (private, social and public) and the creation of a more integrated and efficient SAT (land Administration System by its letters in Spanish), as promoted by FELA.

The Mexican cadastre expert comments that FELA is not perceived as a formal implementation framework. Besides, the fragmentation of land administration among different institutions (federal, state and municipal) and the lack of a unified policy framework has made it difficult to systematically implement FELA. However, even though it is not explicitly mentioned, the principles of FELA are applied indirectly in various initiatives such as cadastral modernization, interoperability, process homologation, as well as institutional coordination. There is a clear determination to move forward in its implementation and the role of cadastre in it.

In the Dominican Republic, where FELA has made itself known in national technical trainings on spatial data, GIS and cadastre, there is no formal adoption or a clear strategy based on FELA. However, there are FELA principles (such as interoperability, focus on users, digital services, citizen participation) that are reflected in the modernization of the National Cadastre, the digitization and interoperability projects and the National Territorial Planning Plan (in process).

The country that seems most internalized about FELA is Colombia, since they handle its principles at the level of the institutions involved and even in interaction with other actors. It coincides that it is also a country where there is an SAT and the concepts and functions of the LA are also more assimilated.

Another point to note is that no interviewee or their institutions have participated in the drafting or acceptance of the FELA document and the cadastre institution does not participate in meetings about this subject neither at the national nor international level with the exception of the Colombian IGAC.

For example, the referent from the Dominican Republic emphasizes that, at the institutional level, interactions are indirect or occasional rather than active and systematic. Furthermore, there is no formalized technical delegation to EG-LAM.

All respondents consider their participation in national and international meetings on FELA to be important and express a strong willingness to be involved. As the Peruvian expert notes, such participation would facilitate alignment with good practices and support the formulation of public policies.

2.5. Cadastre and Groups of Experts in Geoinformation and Land Administration

In general, the cadastral referents are aware of the existence of the United Nations Group of Experts on Geospatial Information Management (UN GGIM), and its Group of Experts on Land Administration. However, most are unaware of whether their country participates in these groups and which institution represents them on the UN GGIM Americas Regional Committee.

Except for Colombia, no cadastral institution currently engages with, or coordinates on these issues with, the national institution representing their country in these working groups. In Colombia's case, it is important to note that IGAC encompasses national geographical and cadastral responsibilities, including the management of the National Spatial Data Infrastructure (NSDI).

All experts agree on the importance of their country's cadastral institutions participating to some degree in the UNGGIM Expert Group on Land Administration and express support for such an initiative at the national and/or regional level.

2.6. Opinion of the National Geographic Institutes Interviewed

At the level of Latin America and the Caribbean, the implementation of the Strategic Framework for Geospatial Data Governance (FELA) is still incipient. Although FELA has been formally adopted within the framework of UN-GGIM, its dissemination and concrete application in the countries of the region remains limited.

In the case of Colombia, while important steps have been taken towards alignment with the principles of FELA—particularly through the strengthening of the Colombian Spatial Data Infrastructure (ICDE) and the institutional framework that supports it—there are still challenges to achieving a deeper and more articulated implementation.

In Mexico, in particular, the implementation of the FELA is in an incipient state: the federal public administration is aware of the existence of such a guide and recognizes that the nation has already fulfilled some of the conditions that must exist to achieve the effective administration of the territory; however, there is still a long way to go.

The low insertion of FELA in the L.A. sector may be due to various reasons such as the economic situation of the country that prevents allocating resources to its implementation, the lack of technical knowledge of the international guide or the lack of coordination between levels of government, which prevents efficient management of territorial data and prevents the implementation of FELA whose actions pass from one area to another at various levels of government.

Latin American and Caribbean (LAC) countries still face challenges related to informality in land tenure and, although in some cases progress has been made in the articulation between the institutions in charge of cadastre and registration, in many contexts this coordination remains limited or incipient.

In addition, technical and institutional gaps persist, such as the outdated cadastral systems and the lack of effective interoperability, to facilitate efficient administration of the territory. Progress has been made in the formulation of policies for cadastral management. However, the resources for the implementation of interoperable cadastral systems, as a platform for land administration, are not sufficient for the implementation of FELA.

In addition, many countries have not yet established coordination mechanisms between institutions (government, academia, community, etc.) for the implementation of FELA. Although FELA presentations have been made in technical meetings and webinars, technical training processes are required in LAC countries and a clear strategy for formulating action plans at the national level for the implementation of FELA and also a real articulation of the cadastre with national and territorial SDIs is required.

2.7. Latin America's participation in EG-LAM

The low level of FELA insertion in LAC could be caused by the low representation of the countries of the region in the EG-LAM. This could be due to the lack of articulation of institutional relations between these countries and international organizations, lack of knowledge, little interest or little institutional coordination.

Or even unawareness of the activities and opportunities to participate in this group

On the other hand, much of EG-LAM's discussions and working papers are first produced in English. This may limit the participation of Latin American and Caribbean (LAC) countries.

The institutions that are part of both EG-LAM and UN-GGIM are bodies whose representation is national. Which means that on many occasions they are not the ones who work directly in LA since, for example, many cadastre are local and this fact increases the problems for the dissemination of FELA

In addition, UN-GGIM is led by Member States through national statistical offices and geospatial/national mapping authorities, which typically participate in and coordinate regional committees and expert groups; and cadastre authorities do not participate (especially when they are subnational). This can be seen both in the architecture of UN-GGIM, whose secretariat resides in the United Nations Statistics Division, and in the technical calls where the presence of "national statistical offices and national geospatial information agencies" is explicitly indicated.

EG-LAM, on the other hand, was established by UN-GGIM anchored to the global statistical-geospatial ecosystem and those who usually attend and sustain the agenda are the coordinators of IDE / IGIF and not the cadastre directorates. In addition, in much of LAC the cadastre is decentralized (municipal or departmental) and with separate functions from the land registry; this makes it difficult for there to be a "single" national representative to sit at the table of UN-GGIM or EG-LAM.

2.8. FELA Implementation

At the managerial level, the relevance of FELA and EG-LAM is not sufficiently positioned, so it is not seen as a tool to modernize land administration and at the technical level the model is not sufficiently known, which is why, when cadastre and land administration programs are proposed, the FELA model is not included.

National and local SDIs have a program that does not include specific actions that promote the development of cadastral management. SDIs and the implementation of the IGIF Framework are implemented through cross-cutting policies, frameworks, and standards, while cadastre is pressured by fiscal, legal, and operational demands, which take precedence in the context of national development. In this sense, implementing a framework like FELA is not considered part of the process.

In Mexico, no actions or activities have been implemented that involve local cadastral institutions in the assimilation and implementation of FELA. However, their participation is vital. This requires: a tropicalization of the international guide, the embodiment of the place of cadastre in the FELA to raise awareness about the importance of their participation to achieve the effective administration of the territory, and virtual meetings where it is explained in detail how each of the FELA roads can be implemented in the context of the local reality. It is necessary to expand the dissemination of FELA at the local level to promote interoperability from that level and strengthen territorial governance. In practice, those who locally generate and validate the data that constitute the basis on which land administration, territorial planning and legal security of property are built are not directly involved in the global and regional forums that develop and promote FELA, generating a gap between the strategic framework and its operational implementation since the standards and methodologies are not used to generate and promote the implementation of the Strategic Framework. Disseminate complete, updated, interoperable and accessible data for territorial management.

3. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

FELA describes the essential elements for achieving effective institutional coordination as: the clarity of Mandates of each of the institutions involve in Land Administration; the establishment of clear coordination mechanisms between them; the use of integrated information systems to facilitate efficient data sharing; the transparency in the institutions and in the coordination rules as well as the necessity of establish mechanisms for institutional accountability; the strengthen the technical and organizational capacities of involved institutions and the inclusion of civil society organizations, the private sector, and local communities in coordination efforts; among others.

Therefore, based on the FELA document, these conclusions are drawn up that analyze the results and a series of recommendations are postulated that will improve this coordination, the knowledge of FELA by the Cadastral institutions and its positive impacts that would allow cadastral institutions to boost their functioning and results.

3.1. Functions of the Effective Land Administration and the Role of Cadastre in the Institutional and Regulatory Framework

In general terms, there are competencies and institutions to carry out, partially or totally, the functions of an Effective Land Administration. However, some cadastral institutions do not seem to have internalized the important responsibility of being the ones that must respond to *the "what, how, when, who and where" about land tenure, value, use and development*; that how FELA reflects are the basic data for effective land administration.

Advancing in a clearer and more explicit understanding of the role of the cadastre and its key function in the generation of a Land Administration System would contribute to strengthening the existing conceptual and institutional frameworks. The challenge lies in strengthening their articulation, promoting instances of coordination, collaboration and integration that favor effective functioning and that includes the different levels of the administration.

With respect to the regulatory framework, it is characterized by being fragmented but complementary, with clear opportunities to evolve towards a more integrated and

interoperable scheme, in itself and in articulation with a public policy framework that guides the development of an Effective Land Administration at the national level, in line with standards recommended by FELA itself.

3.2. Scope of knowledge about FELA

The FELA, as a document and as a guide for implementation in the countries, is still little known by Latin American cadastral institutions. Although there is a general idea of some principles, their use is very limited, with exceptions, and therefore, their recommendations are not yet being applied in general terms in the region.

However, it is recognized as a tool that can be useful to face the challenges of countries in terms of strengthening and improving territorial management, including areas of cadastral management, and it is identified as an international good practice to be taken into account.

Most cadastre knows about FELA from international events in the cadastral field but not from national sources, which represents a strong indication of the lack of communication from the institutions and representatives of the countries that make up and frequent the regional and global spheres, where FELA itself was prepared and approved (2020). with cadastral institutions.

From the results presented, it can be deduced that the lack of knowledge and application of the FELA is due both to the distribution of competences and the lack of coordination among the many existing institutions in the sector, and to the way in which Land Administration is understood in these countries.

3.3. Coordination and Governance Issues

The lack of effective institutional coordination is one of the main challenges faced by many Latin American countries in advancing land administration, particularly in the cadastral domain. Although, as respondents note, some degree of coordination exists, it remains insufficient and reveals a highly heterogeneous interpretation of its scope and meaning. Moreover, in many cases, such coordination is marked by limited formality and the absence of explicit and regular mechanisms, or, in others, the formal setting exists but it lacks practical effectiveness.

The governance schemes of cadastral management in Latin America are usually heterogeneous, decentralized at the subnational level, mixed (national governing bodies in some functions and subnational in others) in most of the territory of the region, being centralized in a few countries. The governance schemes on Land Administration also involve other institutions with competences mainly in tenure, regularization, land use and planning, urban and rural development, redistributive aspects of State lands, administration of protected areas, etc.

This leads to the existence of a dense institutional framework, where the design may be well formulated, but other times the competencies overlap in some areas, or there is a dispersion of functions without clear leadership, which does not facilitate the harmonized and integrated exercise towards effective land administration.

On the other hand, there are defined and formal domains with competences in some areas of LA specific, even with a multilevel design that involves local actors, however, the presence of structured instances for the specific and joint treatment of what the LA would imply is not observed.

Institutional dispersion and the absence of a governing authority in land administration prevent the FELA recommendations from being fully adopted. Therefore, it is advisable to undertake concerted efforts in this regard so that FELA can indeed be implemented.

Given this institutional context, coordination between the intervening organizations becomes key in several ways. On the one hand, in the areas of cadastral management, where it is sometimes formally defined but does not work effectively, and, on the other hand, between the cadastral institution or institutions and those that have some type of direct competence in LA.

Effective coordination is one of the great challenges facing cadastre in the region. To this end, it is significant that the Latin American region does not have all the cadastral territory and it is necessary to coordinate efforts, resources, available information, access to technologies, standards, among other aspects to bridge this gap jointly and for the benefit of all governmental and non-governmental actors.

Si bien se desarrollan múltiples actividades de carácter técnico, tanto catastral como con fines de algunas áreas de AT, muchas veces se limitan al intercambio de información y a veces alcanzan niveles de interoperabilidad, pero no suelen tener la regularidad deseable y carecen de una coordinación sistémica.

It is recommended to strengthen formally coordination mechanisms, ensuring they function effectively in practice and not only nominally. Emphasis should be placed on promoting multi-level and multi-sectoral coordination which is essential to achieve higher coherence and impact.

On the other hand, the linkage between cadastral institutions and geographic institutes tends to be weak, with only limited exceptions. This connection becomes crucial, given that geographic institutes are the entities that generally are the official representatives in regional and global forums concerning FELA, particularly in relation to geospatial information management.

Nevertheless, geographic institutes do not perform land administration functions, and without effective coordination and fluid interaction with cadastral agencies and other land administration institutions, they fail to transfer to a domestic level the content, debates, and advances discussed in such forums. This constitutes another key factor explaining the limited awareness of FELA among cadastral institutions in Latin American countries.

3.4. FELA in the Regional Agenda, the Expert Groups and the Participation of Cadastre

Although there are formal high-level spaces, such as UN-GGIM with its Regional Committee for the Americas and a dedicated Expert Group on Land Administration (EG LAM), as well as related thematic networks, the inclusion of issues aimed at promoting FELA remains incipient. Moreover, in the more specific field of land administration only two Latin American countries are currently participating, which indicates that FELA is not yet present on the regional agenda at that level.

Cadastral institutions, which play a key role in land administration, do not participate in any of these forums, even though one of the objectives of UN-GGIM Americas is to “*define guidelines and strategies to support member nations in the development of cadastral information, taking into account the individual needs of each country.*”

The global and regional forums that created and promoted FELA have not yet reached the institutions with mandates and responsibilities for carrying out the core functions of land administration in most countries, with only minimal exceptions.

From the perspective of cadastral institutions, there is a widespread interest in engaging with regional committees and Group of Experts within the framework of UN-GGIM that address land administration. They support the opportunity to participate actively in whatever format is feasible. This engagement is seen as a valuable chance to bridge the gap between the existence of best practices discussed in these forums, such as FELA, and the institutions with the mandate and capacity to assimilate and implement them.

Interviewees familiar with the FELA recognize the important impetus the document could provide in areas such as:

The legal and regulatory framework: not only in the definition of updated cadastral rules but also in territorial regulations on land use or the treatment of public land or illegal occupations. The creation of geographic information systems based on standards that allow a more effective management of the cadastre, the use of technology to collect and update data, integration with the property registry, as well as the dissemination of these for an effective LA. It would also improve valuation processes and strengthen territorial governance for more equitable and sustainable development.

But not only in these aspects of management but in other aspects of good governance such as: the promotion of transparency of cadastral data to prevent fraud, property disputes, and facilitates access to financial services for real estate development; the ecological function of the cadastre or its social role in the defense of ethnic minorities, or gender equality, for example.

It was also found that some cadastral institutions of weight in the region were explicitly willing to develop training initiatives about FELA, as well as to lead spaces for dissemination and representation of the subject, such as through regional cadastral networks.

3.5. Final considerations

Although the document went through a process of participatory creation and acceptance by the experts of the countries latino americanos within UNGGIM, the truth is that despite its usefulness, it has not been adequately disseminated LA and is not known at the management levels since in many cases they did not participate in its elaboration and it is not achieving the objectives that were sought.

The document, being a framework document should be adapted and put into practice in each concrete situation and this work is not being done with intensity that it should. Lo que representa actualmente una importante ventana de oportunidad, especialmente para que sea asimilado por instituciones de Administracion de Tierras de Latín América.

A key aspect is represented by the strengthening of mechanisms that allow greater articulation between cadastral institutions and the regional and global areas where FELA is treated. To this end, various alternatives can be promoted, from generating spaces for national representation, or through regional networks that involve cadastre, or other more specific ones such as the formation of work teams that involve not only the formal representatives of the countries in UNGGIM, but also representatives of SDIs and cadastral agencies on specific issues.

Along these lines, proposals were presented by interviewees to even expand in some way the participation of actors in the territory such as ethnic groups (indigenous and Afro-descendants), peasants, social leaders, women, youth, representatives of the private sector and research, interested in participating in territorial planning and development projects, emphasizing strategic paths 5, 7, 8 and 9.

Implementing an effective land administration framework (FELA) in fragmented governance systems should also be considered to present significant risks if local particularities and the fragility of the political system are not taken into account. While the formalization and systematization of land administration can bring many benefits in terms of transparency, legal certainty and efficient use of resources, it can also accentuate inequalities, generate conflicts and destabilize power structures that have existed for a long time. Reforms must be carefully designed and implemented, ensuring that they are inclusive, adaptive, and sensitive to local dynamics to avoid unintended consequences.

Nevertheless, the greater dissemination of FELA at the local level would allow technical staff and those responsible for cadastral management to know first-hand the guidelines, benefits and standards proposed by the framework, and to be able to incorporate them into their daily processes of data collection, validation, interoperability and publication.

This would facilitate, for example, local cadastre to adopt the LADM data model (ISO 19152 Standard) and the OGC standards promoted under the SDI, ensuring that the parcels information they produce can be integrated as fundamental geospatial data at the national and territorial level.

The adoption of ISO 19152 would allow a more adequate digitization of cadastre in Latin America, increasing efficiency, transparency, accessibility and the capacity to manage cadastral data. This would facilitate the automation of many processes and the improvement in access to information.

The use of this standard allows the easier implementation of advanced technologies such as GPS, satellites and drones that improve the accuracy and frequency of cadastral updates, optimizing the way data is collected and processed. It also facilitates the integration of various sources of information and the incorporation of cadastral data into SDIs

On the other hand, the participation of cadastre representatives in EG-LAM and UN-GGIM Americas allows for strategic feedback. The operational experience of those who manage the cadastre in the field can provide valuable information to adapt FELA guides, indicators and methodologies to the institutional, legal and technological realities of the region. Likewise, its integration into these spaces would strengthen the link between international strategic planning (IGIF/FELA) and the cadastral modernization projects that are being developed, including multipurpose cadastre initiatives, property formalization and fiscal land management.

It would also be appropriate to carry out research in collaboration with UNGGIM Americas to learn about the problem from their point of view and at the same time serve to raise awareness of the importance of collaboration between land administration institutions to put the principles of FELA into practice.

Finally, it would be interesting to work in collaboration with the group of experts of the International Federation of Geometers (FIG), which maintains in its commission 7 a FELA working group that, if it integrated more experts from Latin American cadastral institutions, could perform a function of disseminating knowledge and help in the implementation of FELA, adapting to the realities of each country and organization.

REFERENCES

www.catastrolatino.org

www.oicrf.org/articles-and-papers/framework-for-effective-land-administration

Ballari, D.; Siabato, W.; Claramunt, C.; Mata, F.; Zagal, R.; Franco, R. *On the development of open geographical data infrastructures in Latin America: progress and challenges*. ArXiv, 2025.

Cerrato, A.; Ramírez, M.; Hackbart, R. *Land governance in Latin America and the Caribbean: Innovation and inclusion for economic recovery and resilience*. FAO, 2022.

CEPAL. *Desarrollo Territorial en América Latina y El Caribe: Desafíos para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. United Nations: New York, NY, USA, 2018.

Femenia Ribera, C.; Mora Navarro, G.; Avendaño Arias, J.A.; Arcediano Rey, J. *Comparando El Sistema de Administración Del Territorio Entre España y Colombia*. Rev. Int. Mapp. 2024, 33, 22–29.

González, N.; Ramírez, L.; Waller, A.; Suárez, C. *Panorama del Desarrollo Territorial de América Latina y el Caribe 2022*. United Nations: New York, NY, USA, 2022.
(Enlace no disponible directamente, consulta en el sitio de la ONU)

Levidow, L.; Sansolo, D.; Schiavinatto, M. *Territorialising Local Food Systems for an Agroecological Transition in Latin America*. Land, MDPI, 2023.

Marques Pérez, I.; Terol, E.; Quiza Neuto, C. *Diagnosis of the Situation of the Land Administration System in Ibero America*. Land, MDPI, 2025.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores; Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria. *Estado del Arte de los Catastros y Registros de Tierras Rurales en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile, Chile, 2022.

ONU-Hábitat. CEPAL: *Hablar a los Territorios y a las Ciudades es Fundamental para Repensar el Modelo de Desarrollo en América Latina y el Caribe*.

ONU, Comité regional de Naciones Unidas sobre Gestión Global de Información Geoespacial para las Américas, Grupo de Trabajo Administración Efectiva de la Tierra, *Encuesta Diagnóstico situación actual de la administración de tierras en países de América, 2024*, https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/unggim_americas_gt-adm-tierras_encuesta_2024.pdf

Todorovski, D.; Salazar, R.; Jacome, G. *Assessment of Land Administration in Ecuador Based on the Fit-for-Purpose Approach*. Land 2021, 10, 862.

[Varios autores] *Undertaking land administration reform: Is there a better way?* Land Use Policy, Elsevier, 2023.

LIST OF ACRONYMS

FELA	Framework for Effective Land Administration
UN-GGIM	United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management from UN
EG-LAM	Expert Group on Land Administration and Management from UN
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Colombia)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Mexico)
INOTU	Instituto Nacional de Ordenamiento Territorial Urbano (Cuba)
IP	Instituto de la Propiedad (Guatemala)
IBGCE	Instituto Geográfico y Catastral del Estado de Quintana Roo (Mexico)
COFOPRI	Organismo de Formalización de la Propiedad Informal (Peru)
SUNARP	Superintendencia Nacional de Registros Públicos (Perú)
CNC	Consejo Nacional de Catastro (Perú)
NSDI	National Spatial Data Infrastructure
ICDE	Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales
ALC	Latin America and the Caribbean
ELA	Effective Land Administration
LA	Land Administration
IDE	Spatial Data Infrastructure
IGIF	Integrated Geospatial Information Framework
LADM	Land Administration Domain Model (ISO)
OGC	Open Geospatial Consortium
FIG	Fédération Internationale des Géomètres
SDI	Spatial Data Infrastructure
SAT	Sistema de Administración de Tierras
LAS	Land Administration System

ANNEX 1. QUESTIONS TO CADASTRAL INSTITUTIONS

1. Institutional framework of land administration: How the TA works in your country. What institutions do you recognize related to LA. And how do you locate yours? Is there a specific or generic policy/regulatory framework involving LA?

2. Coordination: Is there any inter-institutional coordination at the governmental level for LA purposes in general, and in particular, with respect to your institution? It briefly specifies areas – councils, committees, formal meetings -, formats, themes -decision-making, information exchange, interoperability of systems, some type of collaboration, training, specific activities-, with what regularity-.
Is there multilevel and/or multisectoral coordination and/or collaboration related to any aspect of LA? Local with national, government agencies with other actors.

3. FELA: Do you know what FELA is? Where do you know it from? You have heard it mentioned in your country, or rather at international events or training activities, etc. How familiar you are with FELA. Who is it aimed at, what is it for, do you know its content, its objectives and strategic paths? If you know it, do you think that in your country and field and intervention this guide is applied or is trying to be applied to some extent?

4. Participation in FELA: Are you or your institution participating in the implementation of FELA in your country? Do you think it is important that your country and, in particular, your institution, becomes more involved with FELA and would you be willing to support it? from greater knowledge, awareness, participation in activities on FELA, learning about application experiences at the level of action plans by country, etc.

5. Participation in UNGGIM: Do you know what the United Nations Group of Experts on Geospatial Information Management (UN GGIM) is? And the group of experts on Land Administration, of the UNGGIM. EG LAM? Do you know if your country is a member of it and which institution represents it in the UNGGIM Americas Regional Committee? Are you currently participating in any way or in coordination on these issues with the institution that represents your country? If you know it, do you think that the cadastral institutions(ies) of your country should participate to some extent in the UNGGIM Group of Experts on Land Administration? Would you support an initiative in this regard at the national and/or regional level?

Implementação e Institucionalização da Rede de Referência Cadastral conforme NBR 14.166/2022

Patricia de CASTRO PEDRO, João Henrique BECKER and Emilia Grasielle NICOLODI, Brazil

Key words: Cadastre; municipal cadastral reference network; multipurpose cadastre

SUMMARY

The Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) is responsible for the standardization in Brazil and published the NBR 14.166 in 1998, setting requirements for the Municipal Cadastral Reference Network (RRCM – Rede de Referência Cadastral Municipal). In 2022, a second edition of the standard was released, modernizing its regulations. The NBR 17.047:2022 provides guidelines for the use of the RRCM, which is crucial for ensuring the geometric consistency of surveys, preventing the propagation of errors, and is essential for accurate territorial cadastre, especially when considering three-dimensional cadastral elements. In Joinville, the Topographic Reference Network (RRT – Rede de Referência Topográfica) was established in 2007, with 27 planned topographic bases, of which only 26 pairs of survey markers met the specifications. The lack of mandatory use of these markers caused issues such as overlapping property titles and uncertainty in the placement of topographic survey polygons. Furthermore, the destruction of markers due to construction works reduced the RRT to 15 urban and 5 rural bases. Through a contract financed by the Inter-American Development Bank (IDB) for the Structuring of the Georeferenced Information Management Policy of the municipality of Joinville, among other products that were developed, the RRCM was implemented. The first stage involved a diagnosis of the existing markers, identifying 29 markers in no condition of use and 48 in good condition. The new RRCM was implemented with 21 Vértices Superiores (VS), or “Superior Vertices”, meeting the requirements of the NBR 14.166/2022. Although densification is described in the referred standard as a goal to be incorporated subsequently by public administration, the project included an early execution of the densification stage, with the implementation of Vértices Principais (VP), or Main Vertices. The planning methodology allowed for the use of existing vertices from the 2007 network that were still in good condition. Another important update was achieved with the analysis and consolidation of geodetic and normal altitudes, as the altitudes previously established through geometric leveling during the 2007 aerial photogrammetric mapping campaign were compared with values determined using the quasi-geoidal model provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), HgeoHNOR2020, revealing a small divergence. In addition to being a primary data source for various studies and projects under development in the municipality, the RRCM is a dynamic element. Therefore, beyond establishing mandatory use of the RRCM for georeferencing surveys and other municipal projects, it is necessary to develop and institutionalize the densification process of the network, using data already collected by private sector companies or by municipal technicians. This article presents the stages of the RRCM restructuring; the problems faced during the project execution, such as the lack of technical training among professionals (in both public and private sectors) to adequately meet the standards established

in the NBR 14.166/2022 in planning, data processing, and control; the integration of existing RRT vertices considering the new standards; as well as the challenges faced by the public administration in institutionalizing and utilizing the network given its administrative structure and models of public governance, including its relationship with parcel certification processes as a means to ensure the geometric consistency of the base for the Multipurpose Territorial Cadastre (CTM - Cadastro Territorial Multifinalitário).

RESUMO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é responsável pela normalização no Brasil, tendo publicado a NBR 14.166 em 1998, que estabelece requisitos para a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Em 2022, a segunda edição da norma foi lançada, modernizando sua regulamentação. A NBR 17.047:2022 orienta o uso da Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), que é crucial para garantir a consistência geométrica dos levantamentos, evitando a propagação de erros, e é essencial para um cadastro territorial preciso, especialmente com a inserção de elementos cadastrais tridimensionais. Em Joinville, a Rede de Referência Topográfica (RRT) foi criada em 2007, com 27 bases topográficas planejadas, das quais apenas 26 pares de marcos atenderam às especificações. A falta de obrigatoriedade na utilização desses marcos causou problemas como sobreposições de títulos e insegurança na locação das poligonais dos levantamentos topográficos. Além disso, a destruição dos marcos devido a obras reduziu a RRT para 15 bases urbanas e 5 rurais. Através do contrato com financiamento pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para a Estruturação da Política de Gestão de Informações Georreferenciadas do município de Joinville, entre outros produtos, foi realizada a implantação da RRCM. A primeira etapa consistiu de um diagnóstico dos marcos existentes, na qual foram identificados 29 vértices sem condições de uso e 48 em bom estado. A nova RRCM foi implantada contendo 21 Vértices Superiores (VS), atendendo aos pressupostos da NBR 14.166/2022 e, embora a densificação seja descrita na citada NBR como um objetivo a ser incorporado pela administração pública, o trabalho abrangeu a etapa de densificação, com a implantação de Vértices Principais. A metodologia adotada para o planejamento da rede permitiu com que os vértices existentes da rede implantada em 2007, em boas condições de uso, fossem utilizados nessa etapa de densificação. Outra importante atualização se deu quanto a análise e consolidação das altitudes geodésicas e normais, sendo identificada pequena divergência, pois as altitudes anteriormente estabelecidas através de nivelamento geométrico quando da realização da campanha para o mapeamento aerofotogramétrico em 2007 foram comparadas com a determinação utilizando-se o modelo quase geoidal disponibilizada pelo IBGE, HgeoHNOR2020. Além de ser dado primário para diversos estudos e projetos em desenvolvimento no município, a RRCM é um elemento dinâmico, isto é, além da necessidade de se estabelecer a obrigatoriedade da utilização da RRCM para a amarração de levantamentos topográficos, bem como de outros projetos, executados no município, faz-se necessário o desenvolvimento e institucionalização do processo de densificação, utilizando-se de dados já levantados por empresas do ramo ou servindo-se de técnicos da prefeitura. O presente artigo apresenta as etapas da reestruturação da RRCM; os problemas enfrentados durante a execução do projeto como a falta de capacitação técnica de profissionais (no setor privado e público) para atender de forma otimizada os padrões estabelecidos na NBR 14.166/2022, tanto no planejamento como no processamento e controle dos dados; a

integração dos vértices já existentes da RRT, considerando os novos padrões a serem alcançados pela norma; assim como os desafios da administração pública para a institucionalização e utilização da rede frente a sua estrutura administrativa e os modelos de governança pública, inclusive as suas relações com os processos inerentes à certificação de parcelas como forma de consolidação geométrica da base cadastral do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM).

Implementação e Institucionalização da Rede de Referência Cadastral conforme NBR 14.166/2022

**Patricia de CASTRO PEDRO, João Henrique BECKER and Emilia Grasielle
NICOLODI, Brazil**

A IMPORTÂNCIA DA RRCM

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o foro nacional de normalização. Em 1998 foi publicada a 1ª edição da NBR 14.166 – Rede de referência cadastral municipal – Requisitos e procedimento, e, no ano de 2022, foi publicada a 2ª edição trazendo modernidade e parametrização para a implantação e principalmente modernização da RRCM. A importância da RRCM é destacada pela NBR 14.166:2022 logo em seu escopo:

“A Rede de Referência Cadastral Municipal destina-se a apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais e da base cartográfica; vincular, de modo geral, os serviços de topografia e de geodésia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município; referenciar os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de parcelamentos, de implantação e de acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas, de cadastros territoriais e de cadastros multifinalitários, e fornecer apoio aos serviços de aerolevantamentos.” (ABNT, 2022a)

A implantação e manutenção de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) é parte integrante da infraestrutura básica para o cadastro, garantindo que os levantamentos de parcelas e destinados a obras de engenharia estejam adequadamente georreferenciados assegurando uniformidade dos produtos apoiados na rede (SILVA, 2023). Klein et al. (2017) reforçam que os levantamentos realizados no município, independentes de sua finalidade, devem estar vinculados a um mesmo sistema de referência, facilitando a integração entre estes dados e alimentando um sistema único de informações geográficas. É a garantia de manter uma base sólida, precisa, detalhada e atualizada constantemente, que resultará em assertividade no planejamento urbano e evitarão danos ambientais e conflitos relacionados ao uso do solo.

Para a gestão do cadastro territorial urbano de forma moderna e contínua, sem que o município tenha que iniciar do zero (como ocorreu com o cadastro rural no Brasil) é importante que a base cadastral esteja organizada em parcelas certificadas e não certificadas (Silva, 2023). França et al. (2018) demonstram que a condição técnica fundamental para se definir a parcela como certificada na base cadastral é que ela esteja vinculada à Rede de Referência Cadastral Municipal. Assim, é exigível que os levantamentos para novos loteamentos, desmembramentos, retificações, entre outros, estejam vinculados à RRCM, garantindo o pleno atendimento da NBR 17.047:2022 que trata de Levantamento cadastral territorial para registro público:

“O levantamento cadastral territorial para registro público deve estar apoiado à Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) ou, na inexistência desta, deve estar apoiado ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).” (ABNT, 2022b)

A vinculação dos levantamentos à RRCM é uma condição técnica essencial para a certificação das parcelas na base cadastral, promovendo uma gestão moderna e contínua do cadastro territorial. Essa exigência é reforçada pela NBR 17.047:2022, que trata do Levantamento cadastral territorial para registro público e orienta que estes trabalhos devem estar apoiados na RRCM ou, na sua ausência, no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). A vantagem da RRCM reside no fato de que ela incorpora o princípio da vizinhança, um princípio geodésico que evita a propagação desordenada de erros ao exigir que novos pontos sejam determinados a partir dos mais próximos. Assim, a RRCM é a ferramenta chave que garante a consistência geométrica dos levantamentos, permitindo um cadastro sempre atualizado e contínuo, com erros dentro dos limites toleráveis para as diversas finalidades.

DIAGNÓSTICO DA REDE EXISTENTE

A Rede de Referência Topográfica (RRT), assim denominada à sua época de implantação, ocorreu em 2007 quando da execução do contrato que elaborou a base cartográfica digital do município de Joinville, a partir do levantamento aerofotogramétrico da área urbana na escala 1:1000.

O planejamento da RRT previu a materialização de 27 bases topográficas, formada por pares de marcos intervisíveis, separados por uma distância mínima de 200 metros e máxima de 1.000. Na sua implantação, foram implantados 59 marcos urbanos criando ao todo 36 bases, contudo, algumas delas não atendiam às especificações, restando então 26 pares. A materialização dos marcos foi realizada, em sua maioria, na forma de marco de concreto subterrâneo protegido por caixa de ferro fundido assentada ao nível do solo. Em locais onde este tipo de materialização não foi possível, como por exemplo cabeceira de pontes, foram utilizadas chapas metálicas assentadas ao solo. Marco de concreto no formato tronco piramidal também foram adotados em regiões menos urbanizadas.

Posteriormente, em 2010, foram implantados, para a área rural, 17 pares de marcos intervisíveis, distantes entre si entre 250 e 1250 metros. A maioria desses marcos foi materializada como marco de concreto tronco piramidal, sendo que nos locais em que não foi possível a materialização de marcos de concreto, foram utilizadas placas metálicas assentadas diretamente no solo.

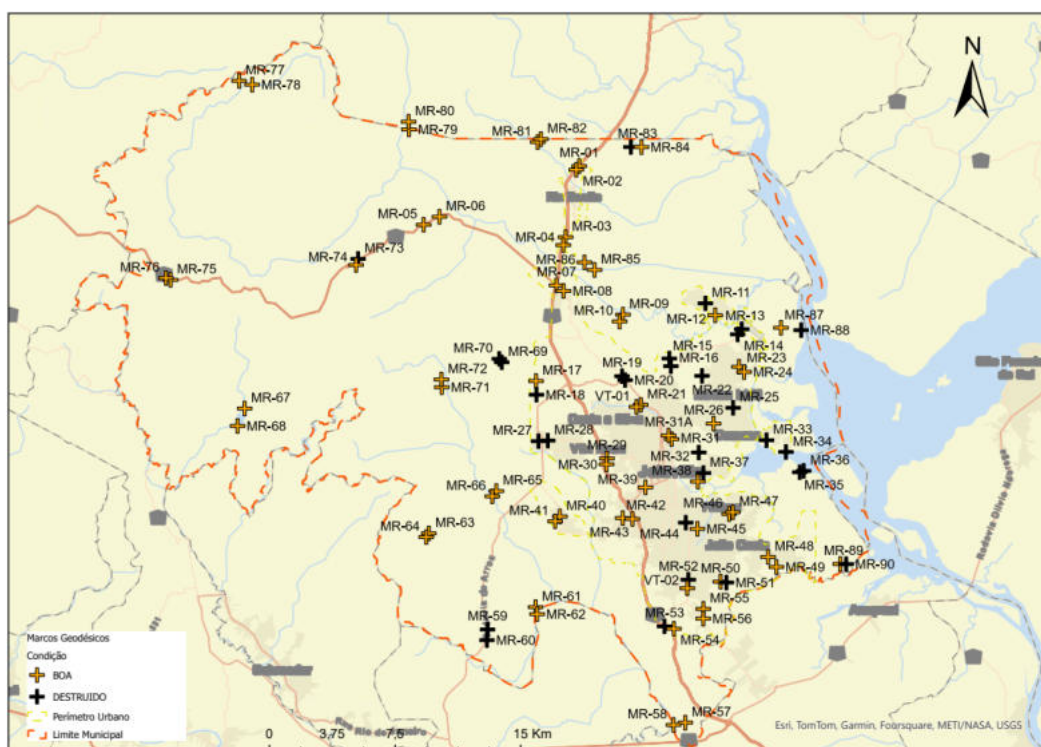


Figura 1. Distribuição dos vértices da RRT no município. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

A determinação das coordenadas geodésicas foi obtida por meio de levantamento GNSS, utilizando-se o método estático diferencial, com configuração mínima de três rastreadores geodésicos (dois em estações conhecidas e uma a ser determinada).

As altitudes ortométricas dos vértices foram determinadas a partir de redes de nivelamento geométrico com transporte das referências de nível pertencentes à rede altimétrica de primeira ordem do IBGE. A precisão das coordenadas obtidas, alcançou resíduos da ordem do milímetro planimétrico e altimétrico. Sendo assim, pode-se afirmar que a RRT implantada é tridimensional.

Contudo, embora tenha havido a execução de monografia dos marcos geodésicos integrantes da RRT, não houve a institucionalização desta através de normalização, instrução ou legislação. Ou seja, não houve a obrigatoriedade de utilização destes marcos para os levantamentos topográficos executados nos diversos processos no município de Joinville.

No entanto, ainda que sem obrigatoriedade, alguns profissionais utilizaram-se dos marcos implantados para transporte de coordenadas de seus projetos, tendo em vista a utilização da nova base cartográfica digital nas análises dos processos pela municipalidade. A instituição do SimGeo (Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas) em 2009 também deu publicidade não somente às informações geográficas digitais, bem como a localização dos marcos.

Todavia, a não obrigatoriedade do uso da RRT trouxe inúmeros problemas, como a sobreposição de títulos aquisitivos quando da retificação ou abertura de novas matrículas. Além disso, há insegurança quanto à locação das poligonais dos levantamentos topográficos apresentados, pois verifica-se, em muitos casos, deslocamentos sistemáticos que culminam na sobreposição a áreas municipais, como logradouros, bem como a imóveis lindeiros.

Outra desvantagem da não institucionalização da RRT, foi a destruição de alguns marcos em razão de obras de infraestrutura ou mesmo de obstruções que inviabilizaram a intervisibilidade, reduzindo assim a RRT para 15 bases topográficas em área urbana e 5 bases em área rural.

Contudo, a administração municipal de Joinville, reconhecendo a relevância da RRCM, incluiu sua implantação no escopo do contrato financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), voltado à estruturação da Política de Gestão de Informações Georreferenciadas. Entre os diversos produtos previstos, a reestruturação da RRCM visa aprimorar os processos, reduzir custos e elevar a qualidade dos serviços prestados à sociedade.

IMPLANTAÇÃO DA RRCM

A NBR 14166:2022 (ABNT, 2022a) estabelece duas etapas distintas, sendo elas: implantação e densificação. A implantação é a determinação da rede fundamental, que sendo rígida, define a qualidade para a homogeneização dos vértices implantados em campo, devidamente injuncionada a vértices do SGB. Os vértices resultantes desta etapa são denominados Vértices Superiores (VS). A densificação é uma etapa progressiva e contínua, permitindo que a rede seja mantida operacional e crescente para sempre dar o apoio geodésico próximo às áreas levantadas, reduzindo custos e aumentando a qualidade para a sociedade. No processo de densificação são implantados os Vértices Principais (VP), quando o ajustamento é injuncionado em VS, e também os Vértices de Apoio (VA) quando o ajustamento é injuncionado em VP. Em ambas as etapas, é necessário realizar o planejamento que garantirá as condições técnicas para alcançar os resultados necessários, sem comprometer o fluxo de desenvolvimento, visto que é um processo complexo.

No município de Joinville já existiam 2 vértices homologados no SGB, porém afastados da região mais urbanizada do município. Para melhorar a qualidade da rede nesta área urbanizada foram homologados mais 4 vértices ao SGB em áreas de fácil acesso público (Figura 2). Os vértices foram monumentados com pilar de concreto e dispositivo de centragem forçada, no padrão definido pelo IBGE (2008).

Após a finalização dos procedimentos e o envio da documentação, o IBGE oficializou a homologação e incorporação destes vértices ao SGB, recebendo denominações oficiais: JOIN-001 (Código SGB IBGE 99886), JOIN-002 (99887), JOIN-003 (99888) e JOIN-004 (99889).



Figura 2. Novos vértices homologados em Joinville 99886(a), 99887(b), 99888(c) e 99889(d). Fonte: adaptado de Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Vértices Superiores

Contexto e Planejamento

Conforme apresentado na NBR 14166/2022 o planejamento é o elemento crucial para o atendimento dos critérios estabelecidos a fim de garantir uma distribuição homogênea em toda a área do município. Neste sentido é importante que os Vértices de Superiores (VS) atendam a rigorosos critérios de qualidade como:

- PDOP médio deve ser inferior a 3 (máximo de 5).
- $\frac{3}{4}$ do mapa de obstrução não devem ter obstáculos acima de 20° (máximo de 30°).
- Não pode haver obstrução acima do nível da antena em um raio de 5 m ao redor dos VS.

Para garantir a aderência dos critérios acima elencados e verificar se os vértices da RRT existente atendiam este requisito, foram elaborados em campo os mapas de obstruções e verificação de PDOP numa data qualquer à época do levantamento, conforme exemplo na Figura 3.

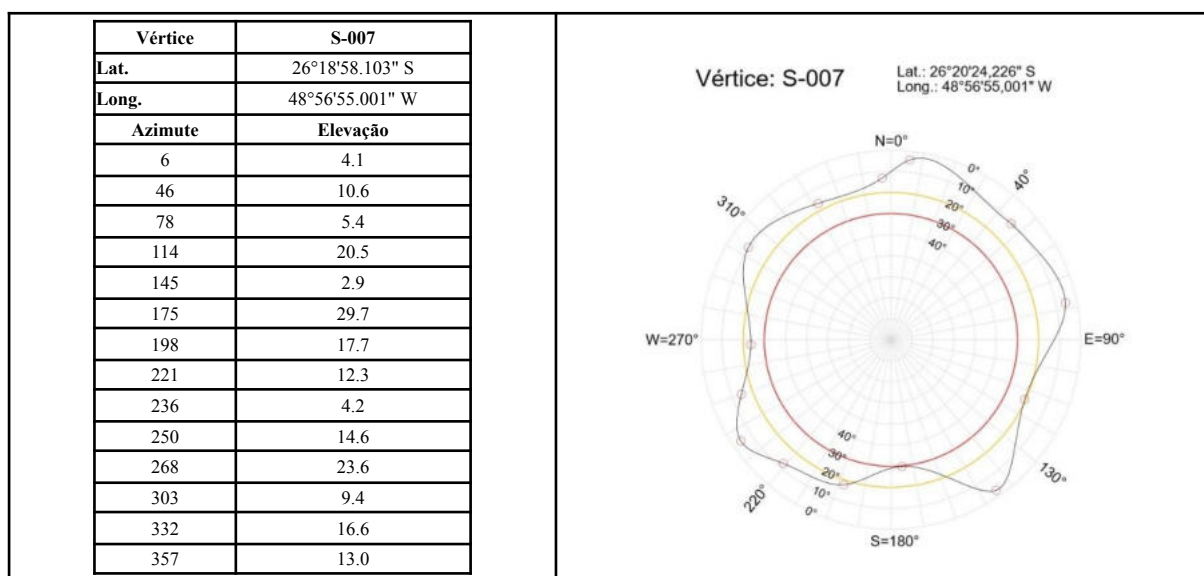


Figura 3. Exemplo de mapa de obstruções e gráfico de PDOP. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Proporcionalidade dos Vetores e Ajustamento da Rede

Para garantir que a geometria dos vetores dos VS no ajustamento atenda as precisões, a norma exige que seja analisada a propagação de erros a priori considerando a precisão nominal do equipamento e a precisão (desvio-padrão) das coordenadas de cada marco geodésico do SGB.

Para o ajustamento foi adotado o método dos mínimos quadrados, por meio do modelo paramétrico também conhecido como Gauss-Markov. Este estudo foi realizado no software Adjust, versão 8.7.4, onde é exigida a entrada dos seguintes dados:

- Erro de centragem da ocupação: adotado 0,0015m considerando o uso de base nivelante;
- Precisão do receptor GNSS H: 3 mm + 0,5 ppm - V: 5mm + 0,6 ppm conforme equipamentos utilizados;
- Nível de Confiança: exigido pela norma de 95%;
- Coordenadas cartesianas geocêntricas dos vértices do SGB que serão adotados como junção;
- Coordenadas cartesianas geocêntricas aproximadas dos VS a serem determinadas; e
- Vetores a serem medidos em campo.

As propagações realizadas das precisões a priori de todos os vértices superiores a serem implantados atendem à precisão horizontal de 20 mm e à precisão vertical da altitude geodésica de 50 mm das precisões a priori de todos os vértices superiores a serem implantados.

O levantamento inicial resultou em vetores com grandes diferenças de comprimento (de 200 m a 26.000 m), o que prejudicaria o ajustamento da rede. Para evitar essa desproporcionalidade, a NBR 14.166:2022 estabelece que:

- O maior vetor não pode ter mais do que duas vezes o comprimento do menor vetor.
- Vetores envolvendo marcos do SGB podem ter até três vezes o comprimento do menor vetor.

A análise da proporcionalidade foi conduzida por meio de ajustamentos independentes. Conforme ilustrado na Figura 4, observa-se que os vértices superiores (VS) localizados na área rural, mesmo quando pertencentes a ajustamentos distintos, apresentam vetores claramente dentro da proporção inferior a 3.

Na rede urbana, o menor vetor identificado foi entre os VS MR-30 e MR-42, com extensão de 3.354,30 metros. Com base nesse valor, estabeleceu-se que o maior vetor entre dois VS deve ser inferior a 6.708,60 metros, enquanto o vetor entre um VS e o ponto do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) deve ser limitado a 10.062,90 metros.

Dos 51 vetores analisados, apenas cinco excedem esses limites, e mesmo assim por margens reduzidas, o que não comprometeu a homogeneidade das precisões na simulação dos ajustamentos, como será demonstrado posteriormente nesta pesquisa.

Adicionalmente, os vetores foram posicionados em locais estrategicamente relevantes para a operação, contribuindo para a eficiência do sistema como um todo.

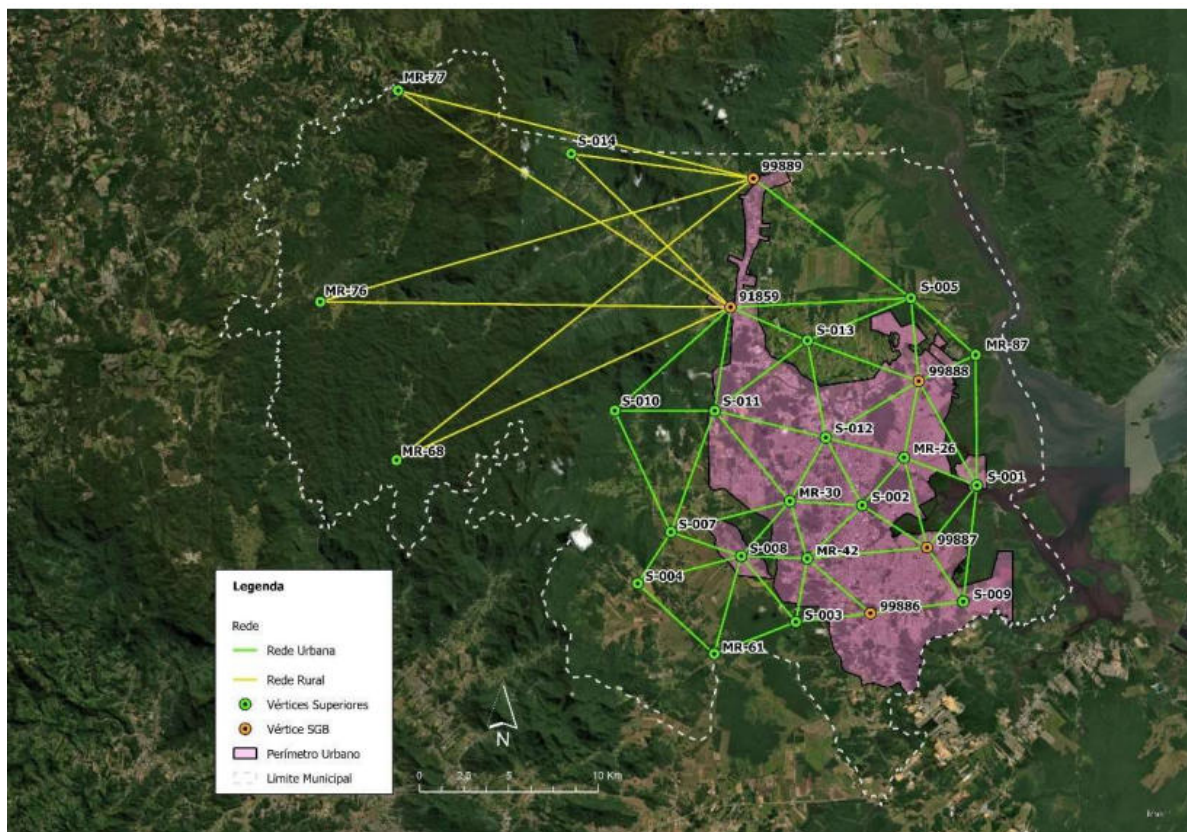


Figura 4. Vetores dos Vértices Superiores. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Densidade e Materialização dos VS

O planejamento da distribuição dos VS considerou a exigência da norma, onde na área urbana deve-se ter um VS a cada quadrícula de 50 km² e na área rural 200 km², conforme pode ser observado na figura 5.

Os Vértices Superiores foram materializados por placas metálicas com 5 cm de diâmetro, e pino fixador com 5 cm de profundidade. As placas foram gravadas com as iniciais “PMJ” (Prefeitura Municipal de Joinville) no campo superior, e o nome do vértice (ex: S-001) no campo inferior.

As placas foram incrustadas em calçadas estáveis ou no topo de marcos de concreto tronco-piramidais (14x14cm no topo, 26x26cm na base, 50cm de altura), dependendo das características do local, com furos para engaste dos pinos, dificultando o deslocamento ou remoção.

A nomenclatura dos vértices da Rede de 2007 que foram aproveitados foi mantida para evitar confusão. Para os novos vértices, a nomenclatura seguiu o padrão sugerido na Norma: S-XXX, onde "S" é a abreviatura de "Superior" e "XXX" é uma sequência numérica.

Metodologia de Medição e Qualidade

Todos os VS, novos ou reaproveitados, foram medidos por GNSS pelo método relativo estático. A rede de medição foi ajustada, sendo injuncionada a cinco marcos geodésicos do SGB (91859, 99886, 99887, 99888 e 99889). Considerando os tempos de rastreamento conforme definido na norma.

Tabela 1 – Tempo de rastreamento em função do tamanho da linha base e do tipo do receptor GNSS		
Extensão da Linha Base km	Tempo mínimo de rastreamento min	Tipo de receptor GNSS
0 - 10	20	Simple ou multifrequências
10 - 20	40	Simple ou multifrequências
20 - 50	60	Multifrequências
50 - 100	90	Multifrequências
100 - 200	180	Multifrequências
200 - 500	240	Multifrequências

Figura 7. Ilustração da Tabela 01 da norma com tempos mínimos de rastreamento. Fonte: NBR 14166:2022. (ABNT, 2022).

Os VS que estão na região de serra (oeste do município) localizados em áreas tipicamente rurais, foram ajustados individualmente a partir do SGB, visto que formam vetores bastante extensos (acima de 20 km). Desta forma não trazem prejuízo à qualidade de ajustamento em rede na área urbana devido à desproporcionalidade dos vetores. Assim, ficou conformado um ajustamento único em rede bastante rígido que contempla toda a área urbanizada, incluindo áreas rurais com potencial para expansão urbana, garantido o princípio da vizinhança em sua densificação. No entanto, alguns vértices rurais foram ajustados individualmente a partir do SGB, pois formavam vetores muito extensos (acima de 20 km), o que evitaria prejuízo à qualidade do ajustamento em rede na área urbana.

Tabela 1. Tipo de Ajustamento e localidade dos VS. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025)

NOMENCLATURA DOS VÉRTICES SUPERIORES	AJUSTAMENTO	LOCALIDADE
S-001	Em rede	Urbano
S-002	Em rede	Urbano
S-003	Em rede	Urbano
S-004	Em rede	Rural
S-005	Em rede	Rural
S-007	Em rede	Urbano
S-008	Em rede	Urbano
S-009	Em rede	Urbano
S-010	Em rede	Rural

NOMENCLATURA DOS VÉRTICES SUPERIORES	AJUSTAMENTO	LOCALIDADE
S-011	Em rede	Urbano
S-012	Em rede	Urbano
S-013	Em rede	Urbano
S-014	Individual	Rural
MR-26	Em rede	Urbano
MR-30	Em rede	Urbano
MR-42	Em rede	Urbano
MR-61	Em rede	Rural
MR-68	Individual	Rural
MR-76	Individual	Rural
MR-77	Individual	Rural
MR-87	Em rede	Rural

Um exemplo de desafio na qualidade foi o vértice S-014, localizado em área rural, que apresentou um sigma 2D de 29,2 mm, não atendendo à exigência de 20 mm da NBR 14.166. Isso ocorreu porque os vetores formados a partir dos vértices SGB possuíam distâncias acima de 10 km, resultando em precisões nominais horizontais superiores a 10 mm.

No entanto, considerando sua localização rural e a piora nos resultados de novos rastreios, o vértice foi mantido.

A norma exige que nenhum obstáculo esteja no mesmo nível ou acima do nível da antena GNSS em um raio de 5 m em torno do vértice superior. Além disso, 3/4 do mapa de obstrução (cobertura de 270° do horizonte) não podem apresentar obstáculo com ângulo de elevação superior a 20° em relação ao horizonte da antena GNSS.

No caso do vértice S-014, foi observada uma obstrução de vegetação acima de 30°. Para lidar com essa e outras obstruções, foram planejadas a remoção de satélites que eventualmente estivessem na direção do obstáculo, a fim de evitar quebras de sinal e perda de qualidade.

Referencial altimétrico e metodologia adotada

O referencial altimétrico atualmente em uso no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) é o Datum de Imbituba, que utiliza a Altitude Normal (HN) (a partir do quase-geoide), conforme o Relatório de Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais REALT-2018.

A norma NBR 14.166:2022 prevê várias possibilidades para a rede altimétrica, incluindo:

(i) Nivelamento geométrico a partir das Referências de Nível (RN) do SGB; (ii) Adoção de um modelo quase-geoidal próprio do município; e (iii) Adoção de um modelo quase-geoidal com acurácia conhecida.

A adoção de modelo quase geoidal com acurácia conhecida, é a forma atualmente mais econômica para implementar uma rede altimétrica. O IBGE disponibiliza o modelo matemático hgeoHNOR2020 que permite conversão das altitudes geodésicas (ou geométricas)

em altitudes normais, com acurácia modelada. Este modelo possui uma estimativa de acurácia variando na região de Joinville entre 80 e 90 mm. Para identificar a qualidade real deste modelo (não a estimada) é necessário comparar medições realizadas com nivelamento geométrico com as medições realizadas com GNSS devidamente transformadas para altitude normal.

Em Joinville existe apenas um vértice do SGB com estas características, que é o SAT 94017 = RN 2064P, tendo, portanto, a altitude Geométrica (h) e Normal (HN), conforme monografia do IBGE: $h_{94027} = 176,614 \pm 36$ mm e $HN_{94027} = 174,213 \pm 41$ mm.

Utilizando a altitude geométrica, foi calculada a altitude normal usando o modelo hgeoHNOR disponibilizado pelo IBGE, pela equação 1:

$$HN = h - \eta \quad (1)$$

Sendo η o fator de conversão obtido no serviço on-line do IBGE. $\eta = +2,38 \pm 80$ mm à $HN = 174,234 \pm 87,7$ mm.

Desta forma, foi identificada uma divergência de apenas 21 mm na altitude normal do vértice do SGB SAT 94027 usando o modelo hgeoHNOR, atendendo portanto, o exigido na NBR 14.166:2022 e quase a totalidade dos trabalhos de cadastro, planejamento e obras no município. Foram realizadas em campo outras medições com GNSS em RRNN existentes para mais amostragens de qualidade do hgeoHNOR.

Tabela 2. Divergências encontradas entre as altitudes ortométricas niveladas quando comparadas com as normais obtidas pelo hgeoHNOR2020 em 55 vértices. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

VÉRTICE	MONOGRAFIA		hgeoHNOR2020		
	H	h	η	$HN = h - \eta$	Divergência
MR-08	22,086	23,526	1,52	22,006	-0,08
MR-06	73,343	75,482	2,2	73,282	-0,061
MR-07	25,633	27,146	1,56	25,586	-0,047
MR-18	25,953	27,406	1,48	25,926	-0,027
MR-04	31,148	32,712	1,58	31,132	-0,016
MR-03	23,848	25,422	1,58	23,842	-0,006
MR-17	24,347	25,847	1,5	24,347	0
MR-27	15,719	17,099	1,38	15,719	0
MR-09	14,417	15,653	1,23	14,423	0,006
MR-15	6,101	7,097	0,99	6,107	0,006
MR-02	31,449	33,078	1,62	31,458	0,009
MR-01	36,218	37,855	1,62	36,235	0,017
MR-10	13,446	14,698	1,23	13,468	0,022
MR-28	15,56	16,931	1,34	15,591	0,031
MR-45	59,767	60,551	0,75	59,801	0,034
MR-20	9,946	11,121	1,14	9,981	0,035
MR-19	11,699	12,887	1,15	11,737	0,038
MR-05	101,249	103,559	2,27	101,289	0,04
MR-21	7,49	8,581	1,05	7,531	0,041
MR-16	6,967	7,989	0,98	7,009	0,042
MR-40	13,157	14,367	1,16	13,207	0,05
MR-41	13,235	14,445	1,16	13,285	0,05
MR-44	8,56	9,396	0,78	8,616	0,056
MR-11	6,14	7,108	0,91	6,198	0,058
MR-30	14,773	15,922	1,09	14,832	0,059
VT-01	7,171	8,296	1,06	7,236	0,065
MR-33	3,656	4,341	0,62	3,721	0,065
MR-31A	3,853	4,839	0,92	3,919	0,066
MR-31	4,318	5,285	0,9	4,385	0,067
MR-12	4,83	5,759	0,86	4,899	0,069
MR-13	2,739	3,576	0,76	2,816	0,077
MR-29	16,519	17,697	1,1	16,597	0,078

VÉRTICE	MONOGRAFIA		hgeoHNOR2020		
	H	h	η	$HN = h - \eta$	Divergência
MR-23	2,491	3,322	0,75	2,572	0,081
MR-26	37,098	37,973	0,79	37,183	0,085
MR-43	10,25	11,266	0,93	10,336	0,086
MR-14	3,469	4,328	0,77	3,558	0,089
MR-48	22,464	23,104	0,55	22,554	0,09
MR-25	3,152	3,992	0,74	3,252	0,1
MR-24	2,759	3,589	0,73	2,859	0,1
MR-34	4,625	5,301	0,57	4,731	0,106
MR-37	2,657	3,546	0,78	2,766	0,109
MR-38	2,972	3,862	0,78	3,082	0,11
MR-35	4,727	5,358	0,52	4,838	0,111
MR-42	14,188	15,261	0,96	14,301	0,113
MR-49	6,742	7,386	0,53	6,856	0,114
MR-36	7,474	8,107	0,51	7,597	0,123
VT-02	30,283	31,13	0,72	30,41	0,127
MR-46	7,931	8,732	0,67	8,062	0,131
MR-53	20,192	21,076	0,75	20,326	0,134
MR-55	15,338	16,154	0,68	15,474	0,136
MR-52	17,068	17,938	0,73	17,208	0,14
MR-51	16,43	17,211	0,64	16,571	0,141
MR-56	17,062	17,877	0,67	17,207	0,145
MR-47	15,668	16,486	0,67	15,816	0,148
MR-50	13,221	14,03	0,65	13,38	0,159

Vértices Principais

Contexto e Planejamento

A fase de Densificação envolveu a determinação dos Vértices Principais (VP) a partir dos Vértices Superiores (VS). Para minimizar a propagação de erros, não foram implantados Vértices de Apoio (VA), portanto, as medições dos VP usaram VS como controle.

No planejamento da densificação da rede, buscou-se integrar os vértices existentes da rede de 2007 que estavam em boas condições, assim como buscou-se a formação de pares de vértices intervisíveis, possibilitando a realização de levantamentos também com estação total.

A formação de pares intervisíveis ocorreu entre VP com VS, VP com SGB, e VP com VP em locais onde já havia vértices da rede antiga.

Desafios na determinação da densidade dos VP

Alguns parâmetros normativos da norma relacionados à densidade não foram atendidos plenamente nesta primeira densificação. Um desses requisitos é o de que, em áreas urbanas, nenhum imóvel deve apresentar distância superior a 500 m em relação a um vértice da RRCM ou a um marco geodésico do SGB. Assim como alguns vértices intervisíveis ficaram distantes em mais de 200 metros entre si.

As distâncias da área do município aos vértices implantados na RRCM podem ser observadas na Figura 8. Na área urbana, observa-se que quase em sua totalidade há disponibilidade de um vértice ou um par de vértices a uma distância inferior a 3 km, estando diversas regiões localizadas a menos de 1 km.

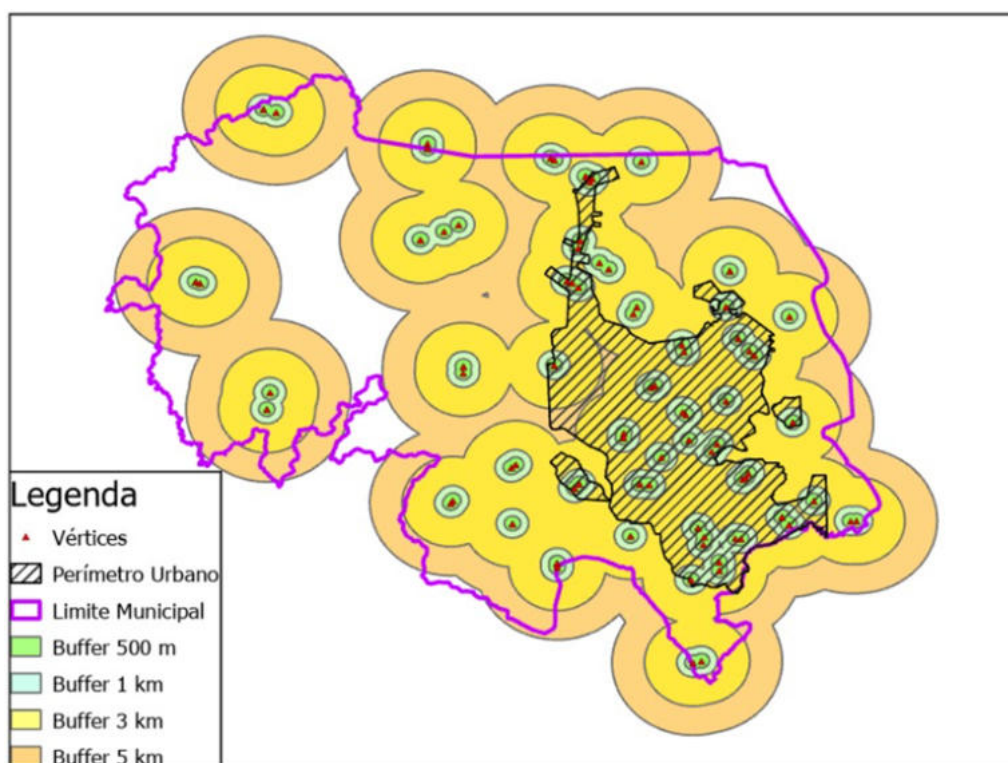


Figura 8. Distâncias no município a um vértice mais próximo da RRCM. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Materialização (VP)

Os Vértices Principais foram materializados de forma idêntica aos Vértices Superiores. Utilizaram-se placas metálicas com 5 cm de diâmetro e pino fixador de 5 cm de profundidade. As placas foram gravadas com “PMJ” no campo superior e o nome do vértice no inferior (ex: P-0001, P-0002). As placas foram incrustadas em calçadas estáveis ou em marcos de concreto tronco-piramidais (14x14cm no topo, 26x26cm na base, 50cm de altura).

Controle de Obstruções

O controle de obstruções para os Vértices Principais seguiu requisitos ligeiramente diferentes dos VS. A norma exige que nenhum obstáculo esteja no mesmo nível ou acima do nível da antena GNSS em um raio de 3 m em torno do vértice Principal (em comparação com 5m para o VS). O requisito de cobertura de 3/4 do horizonte (270°) sem obstáculos com ângulo de elevação superior a 20° foi mantido.

Houve vários casos de vértices onde foram observadas obstruções que excediam a tolerância, exigindo a remoção de satélites durante o processamento para garantir a qualidade, como por exemplo:

- Vértice MR-01: Obstruções acima de 20° em extensão maior que o máximo permitido (1/4), exigindo remoção de satélites.
- Vértice MR-47: Semelhante ao MR-01, com obstruções acima de 20° em extensão excessiva.
- Vértice P-0018: Pontos de obstrução acima de 30°, referentes a vegetação.

- Vértice MR-75: Obstruções acima de 20° em extensão excessiva.

Processamento e Qualidade dos Dados

O processamento das medições GNSS, assim como no caso dos VS quanto para VP, foi realizado no software Trimble Business Center na versão 4.10.3. O método de rastreamento GNSS foi o relativo estático, seguindo os tempos mínimos especificados pela NBR 14.166:2022.

Para a propagação das precisões (análise a priori), foi utilizado o software Adjust, indicando as coordenadas geocêntricas dos vértices de controle, adotados como injunção, e as coordenadas geocêntricas dos vértices a serem determinados. No entanto, considerando que este software considera os pontos injuncionados como coordenadas absolutas, sem variâncias, foi utilizada uma planilha de cálculo que implementou as equações previstas na NBR 14.166:2022, para incluir na propagação das precisões, também, as variâncias (precisões) dos pontos injuncionados.

A medição dos VP ocorreu em várias redes independentes, que foram injuncionadas a, no mínimo, dois vértices de controle, sendo estes vértices do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) ou Vértices Superiores (VS). O objetivo dessa metodologia foi formar vetores com os vértices mais próximos, aderindo ao princípio da vizinhança para melhor distribuição de erros. O processamento dos vetores foi executado utilizando o software Trimble Business Center na versão 4.10.3.

Para garantir que a geometria dos vetores dos VP no ajustamento atenda as precisões, a norma exige que seja analisada a propagação de erros a priori considerando a precisão nominal do equipamento e a precisão (desvio-padrão) das coordenadas de cada marco geodésico de controle (SGB ou VS). Para o ajustamento foi adotado o método dos mínimos quadrados, por meio do modelo paramétrico também conhecido como Gauss-Markov. O estudo foi realizado seguindo a mesma metodologia do VS.

Para o ajustamento dos VP, a norma prevê duas estratégias, sendo uma com ajustamento em rede e outra com ajustamento individual. Todos os ajustamentos dos VPs foram realizados em rede, garantido o princípio da vizinhança em sua densificação.

Tabela 3. Vetores dos vértices principais. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

DE	PARA	HORA INÍCIO	DURAÇÃO	RMS Horz	RMS Vert	PDOP MÁXIMO	DISTÂNCIA (m)	REDE
91859	MR-04	27/11/2024 09:27	00:21:10	0,008	0,012	3,1	2392,09	01
91859	MR-07	27/11/2024 11:13	00:19:35	0,003	0,006	3,0	360,796	01
91859	MR-85	12/12/2024 09:14	00:22:20	0,011	0,019	1,8	2720,466	01
91859	P-0023	27/11/2024 10:12	00:21:10	0,008	0,014	2,0	2376,702	01
91859	P-0030	12/12/2024 09:17	00:19:40	0,005	0,007	1,8	2458,565	01
99889	MR-02	22/11/2024 10:41	00:20:40	0,006	0,01	2,2	472,409	01
99889	P-0018	13/12/2024 18:31	00:21:50	0,008	0,018	3,8	149,8	01

Embora alguns vetores curtos tenham sido processados com durações menores do que o rastreo completo devido à necessidade de corte para atender a parâmetros normativos como PDOP e controle de propagação de erros, todos os vetores destacados atenderam o tempo mínimo recomendado pelo IBGE (2008) e a qualidade posicional após a propagação das precisões a posteriori.

A Matriz Variância Covariância (MVC) foi calculada para os diversos vetores de processamento em rede (Redes 1 a 9, 10, etc.). A precisão alcançada em diferentes componentes do vetor (Norte, Leste, Elevação), demonstrando o rigor técnico aplicado ao ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). A figura 9 apresenta o exemplo de rede estabelecida para o processamento.



Figura 9. Rede 02 - vetores de ajustamento para P-005 e MR-16. Fonte: Consórcio Nippon Koei Lac - Senografia (2025).

Ao todo, além dos 4 marcos homologados do IBGE, nesta etapa inicial de implantação e primeira densificação da rede de referência cadastral, foram implantados 46 novos marcos e reaproveitados 29 da rede existente de 2007, totalizando 75 vértices, sendo 21 Vértices Superiores e 54 Vértices Principais.

Quanto às precisões posicionais horizontais, para os vértices principais, as precisões preconizadas na norma foram atendidas, sendo o maior desvio-padrão horizontal obtido, para esta classe, de 30,8 mm, inferior aos 50 mm exigidos pela norma.

Enquanto que para os vértices superiores, os requisitos quanto às precisões posicionais preconizados na norma foram, também, atendidos, com uma ressalva. Para esta classe de vértices, a norma preconiza uma precisão horizontal de 20 mm, contudo dentre os vértices implantados, um dos vértice ficou com desvio-padrão horizontal resultante de 29,2 mm. Esta situação foi já apresentada no item 3.1.4, se trata de um vértice localizado em área rural com vetores extensos para o qual foi realizado um ajustamento individual e, mesmo com diferentes rastreios, a precisão da norma não foi atendida. Este vértice foi mantido como vértice superior visando atender a exigência da norma de 1 vértice superior a cada 200 km² para área rural.

Os demais vértices superiores ficaram com desvios-padrão horizontal inferiores a 12,2 mm, sendo que na área urbana o pior desvio-padrão horizontal foi de 8,9 mm, atendendo os 20 mm da norma.

Quanto à componente altimétrica o maior desvio-padrão para a altitude geodésica foi de 48,50 mm para vértices principais e de 34,4 mm para os vértices superiores, atendendo a precisão de 50 mm exigida na norma.

DIFICULDADES E DESAFIOS DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA PARA A INSTITUCIONALIZAÇÃO DA RRCM

De acordo com Cabral et al (2023) para que a RRCM se perpetue em um município, faz-se necessária a adoção de procedimentos adequados, gestão e materialização de seus vértices. Esta questão abrange desde procedimentos de implantação e densificação, até mesmo ao uso e manutenção da rede.

Diante da conclusão do contrato que teve duração de 24 meses e um custo de R\$ 514.000,00 financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, com a efetiva reestruturação da rede de referência cadastral, o desafio da prefeitura de Joinville reside na implementação de procedimentos para garantir a utilização e a densificação da rede.

A estrutura organizacional do município de Joinville não possui um departamento específico que possa absorver a demanda para execução dos levantamentos necessários à densificação da rede com a implantação de vértices de apoio VA, ou ainda para a verificação dos dados de processamentos dos profissionais que realizam levantamentos topográficos e geodésicos no município. Os profissionais estão distribuídos em várias secretarias e possuem atribuições e rotinas diversas.

Neste sentido, considerando que o corpo técnico da Unidade de Cadastro Técnico, vinculado a Secretaria da Fazenda, atuou no grupo de trabalho que realizou o acompanhamento e fiscalização do contrato que reestruturou a rede, este iniciou os estudos com relação a quais os aspectos técnicos a serem levados em consideração para a institucionalização.

O primeiro passo foi a publicação do Decreto n.º 68.284/2025 que atualiza o Decreto n.º 16.171/2009 e reformula o Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo), incluindo a Rede de Referência Cadastral Municipal como parte integrante deste.

Levando em consideração o Manual Técnico de Levantamento Cadastral de Santa Catarina que fundamenta a Instrução Normativa 09 da Secretaria de Administração do Estado em vigor, tem-se a intenção de que os procedimentos tenham abrangência similar. No momento ainda estão sendo realizadas reuniões com as secretarias afins para estabelecer e decidir como será realizada a entrada de novos dados e como será sua avaliação, para a densificação progressiva da rede de referência.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: Execução do levantamento topográfico - Procedimento. Rio de Janeiro, 2021. 57 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022a. 23 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17047: Levantamento cadastral territorial para registro público – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022a. 12 p.

CABRAL, C. R. et al. O método do alinhamento para a densificação de rede de referência cadastral municipal – RRCM. Revista Brasileira de Geomática, 11(1), 2023. <https://doi.org/10.3895/rbgeo.v11n1.15647>

CONSÓRCIO NIPPON KOEI LAC – SENOGRAFIA. Relatório final do produto P03 -rede de referência cadastral, conforme termo de contrato do Município de Joinville 1052/2022 Março. Joinville, 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Padronização de Marcos Geodésicos. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/padronizacao_marcos_geodesicos.pdf. Acesso em: 19 ago. 2024.

KLEIN, I.; GUZATTO, M. P.; HASENACK, M.; CABRAL, C. R.; BERBERT LIMA, A. P.; FRITSCH, S.; REGINA JUNIOR, L. A. M.; MOMO, G. F. Rede de referência municipal para estações livres: uma proposta de baixo custo e grande abrangência. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 69, n. 3, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n3-44346. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44346>. Acesso em: 19 ago. 2024.

MANUAL TÉCNICO DE LEVANTAMENTO CADASTRAL DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Administração (SEA). 2021. Disponível em: https://www.sea.sc.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/Manual-IN-09_2021.pdf. Acesso em: 20/08/2025.

SILVA, E. (Org.) Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à gestão municipal . Florianópolis, ed. UFSC, 2023. 214 p. ISBN 978-85-8328-172-6. DOI: 10.5281/zenodo.7869277

CONTACTS

Patricia de Castro Pedro

Prefeitura Municipal de Joinville
Av. Hermann August Lepper, 10
Joinville-SC
BRAZIL
Tel : +55 (47) 3431-3233
Email: patricia.pedro@joinvillesc.gov.br
Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>

João Henrique Becker

Prefeitura Municipal de Joinville
Av. Hermann August Lepper, 10
Joinville-SC
BRAZIL
Email: joao.becker@joinville.sc.gov.br

Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>

Emilia Grasiela Nicolodi

Prefeitura Municipal de Joinville

Av. Hermann August Lepper, 10

Joinville-SC

BRAZIL

Email : emilia.nicolodi@joinville.sc.gov.br

Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>

Elaboração do Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário Urbano do município de Joinville/SC, Brasil

Patrícia de Castro PEDRO, Emilia Grasielle NICOLODI, João Henrique BECKER, Carla Cristina PEREIRA, Claudia de Oliveira BOSCO e Ana Cristina Peruzzo BARDINI, Brasil

Keywords: Cadastro Territorial e Imobiliário; Cadastro Territorial Multifinalitário; Sistema de Gestão Cadastral; Manual

SUMMARY

The Land and Real Estate Registry of the municipality of Joinville is operationalized through the Cadastral Management System (SGC) tool, by the Technical Registry Cadastre Unit of the State Treasury Department. To bring together technical aspects and standardize the conceptual understanding of criteria defined in federal and municipal tax legislation, as well as in manuals and technical standards related to Land Registry and Management, the Technical Registry Cadastre Unit produced the "Manual of Technical Guidelines for the Land and Real Estate Registry Cadastre of Joinville," published through Ordinance No. 01/SEFAZ/GAB/UCT. Its main premise is to increase the levels of efficiency and effectiveness in municipal land management through the qualification of geospatial data and information, enabling the updating and maintenance of the Land and Real Estate Registry Cadastre. Therefore, this article presents the methodology for constructing the Technical Guidelines Manual, as well as the results achieved to date and the next steps for qualifying the Territorial Registry Cadastre of the Municipality of Joinville.

RESUMO

O Cadastro Territorial e Imobiliário do município de Joinville é operacionalizado mediante o uso da ferramenta do Sistema de Gestão Cadastral (SGC), por intermédio da Unidade de Cadastro Técnico da Secretaria da Fazenda. Com o intuito de reunir os aspectos técnicos e uniformizar o entendimento conceitual de critérios definidos na legislação tributária federal e municipal, bem como nos manuais e normas técnicas relacionadas ao Cadastro e Gestão do território, a Unidade de Cadastro Técnico produziu o “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville”, publicado por meio da Portaria N.º01/SEFAZ/GAB/UCT, tendo como premissa principal elevar os níveis de eficiência e eficácia quanto à gestão do território municipal, por intermédio da qualificação dos dados e informações geoespaciais, de forma a permitir a atualização e manutenção do Cadastro Territorial e Imobiliário. Portanto, este artigo apresenta a metodologia para construção do Manual de Orientações Técnicas, bem como os resultados alcançados até o momento e os próximos passos para qualificação do Cadastro Territorial do Município de Joinville.

Elaboração do Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário Urbano do município de Joinville/SC, Brasil

**Patrícia de Castro PEDRO; Emilia Grasielle NICOLODI; João Henrique BECKER;
Carla Cristina PEREIRA; Claudia de Oliveira BOSCO e Ana Cristina Peruzzo
BARDINI, Brasil**

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Territorial e Imobiliário Urbano do município de Joinville passou a ser gerenciado através do Sistema de Gestão Cadastral a partir do ano de 2010, por intermédio da Unidade de Cadastro Técnico da Secretaria da Fazenda. Sua criação se deu em conjunto com a criação da base digital da área urbana do município, a partir da contratação do voo para a Restituição Aerofotogramétrica realizada no ano de 2007, conforme Termo de Contrato n.º 272/2010.

O SGC trata-se de um sistema *web* que permite gerenciar as informações alfanuméricas e vetoriais associadas aos lotes e suas subunidades (unidades autônomas e de avaliação) e aos logradouros e seus respectivos trechos e métricas, possuindo ferramentas que permitem a inserção, edição e exclusão de informações. O SGC também conta com a visualização de camadas da base cadastral temática do município.

Em que pese o SGC tenha sido concebido de forma a atender múltiplas finalidades, a fim de compor um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), sua principal finalidade, no momento presente, é o gerenciamento dos dados que são utilizados para fins tributários. Entretanto, tendo em vista que o SGC é o repositório das informações relativas aos lotes e logradouros, sua base de dados encontra-se integrada aos mais diversos sistemas da Prefeitura Municipal de Joinville, como por exemplo: Aprova Digital, Autosserviço por meio do Sistema Eletrônico de Informações (SEI), aplicativo Joinville Fácil, Sistema Tributário Municipal, SIMGeo. Além disso, seus dados são utilizados pelas demais secretarias e departamentos do município em seus mais variados processos.

Sob o ponto de vista tributário, como bem esclarece Silva *et al.* (2023), um cadastro territorial com dados desatualizados produzirá uma arrecadação abaixo do que poderia ser realizada. Assim como sob o ponto de vista multifinalitário, os dados não terão também finalidades para as demais secretarias e departamentos municipais, levando à criação de cadastros paralelos.

Nesse sentido, considerando que os lotes e logradouros devem ser a base geométrica de todos os cadastros temáticos do município – assim como estabelece a Portaria n.º 3.242/2022 do Ministério do Desenvolvimento Regional –; e considerando a importância dos cadastros territoriais para a arrecadação municipal – principalmente frente às novas diretrizes estabelecidas por meio da Reforma Tributária (EC N.º 132) –, se faz necessário estabelecer mecanismos que auxiliem na padronização dos procedimentos necessários à atualização e utilização dos dados geoespaciais e alfanuméricos junto ao SGC, dados esses que impactam diretamente na qualificação, consolidação e manutenção da base cartográfica do município de Joinville e que podem interferir na tomada de decisão dos diversos agentes públicos.

Através do Termo de Contrato n.º 272/2010, que criou o SGC, foi produzido o Manual de Preenchimento do Cadastro Imobiliário. Entretanto, durante o período entre a implementação do SGC e os tempos atuais, surgiram diversas iniciativas no âmbito federal relacionadas aos

cadastros territoriais multifinalitários, podendo ser citados: a instituição da Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE) através do Decreto Lei n.º 6.666/2008; a publicação da Portaria MDR n.º 3.242/2022; a publicação da Instrução Normativa da Receita Federal IN n.º 2.030/2021; a atualização e criação de normativas técnicas como a Norma Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais (ET-ADGV) do Ministério da Defesa/DSG e a publicação da NBR 17047/2022.

Além disso, os critérios de alguns fatores de correção de terrenos e edificações, utilizados na avaliação de imóveis e considerados no Manual produzido através do Termo de Contrato n.º 272/2010, foram alterados ou não ficaram claramente definidos na legislação tributária municipal atual (Lei Complementar n.º 389/2013), acarretando, muitas vezes, na falta de consenso entre os próprios técnicos da Secretaria da Fazenda frente à forma de cadastramento dos diversos dados junto ao SGC.

Diante desses fatos, com o intuito de reunir os aspectos técnicos e uniformizar o entendimento conceitual de critérios definidos na legislação tributária federal e municipal, bem como nos manuais e normas técnicas relacionadas ao Cadastro e Gestão do território, a Unidade de Cadastro Técnico produziu o “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville”, publicado por meio da Portaria N.º01/SEFAZ/GAB/UCT, tendo como premissa principal elevar os níveis de eficiência e eficácia quanto à gestão do território municipal, por intermédio da qualificação dos dados e informações geoespaciais, de forma a permitir a atualização e manutenção do Cadastro Territorial e Imobiliário.

Portanto, este artigo tem como objetivo apresentar a metodologia para construção do “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville”, bem como os resultados alcançados até o momento e os próximos passos para qualificação do Cadastro Territorial do Município de Joinville.

2. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DO MANUAL

A construção do “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville” foi iniciado no ano de 2021 e contou com a participação e contribuição dos servidores da Unidade de Cadastro Técnico, sendo a Minuta fruto de amplas discussões e a compilação de entendimentos entre as áreas de Cartografia Cadastral, Engenharia e Avaliação Imobiliária e Titularidade (atual Área de Cadastro de Pessoas) ao longo de 2 (dois) anos.

Num primeiro momento, foi realizado o “Diagnóstico da Situação Atual” pelo Grupo de Trabalho, mediante reuniões semanais, no qual foi realizada a avaliação das legislações vinculadas aos processos da Unidade; a avaliação dos fluxos desses processos; e a avaliação dos conceitos relativos aos campos do Boletim de Cadastro Imobiliário, formado pelos dados do Espelho Cadastral dos lotes e pelos dados referentes às edificações vinculadas aos lotes, denominadas como Unidades Autônomas.

O Diagnóstico da Situação Atual e o Manual de Preenchimento do Cadastro Imobiliário do ano de 2013 foram utilizados como diretriz inicial para elaboração da Minuta do referido Manual, visando, assim, o correto entendimento e definição de procedimentos necessários para o registro e atualização dos dados e informações geoespaciais que compõem a base de lotes e logradouros e gera o Espelho Cadastral de cada imóvel.

A minuta foi avaliada pelo Grupo de Trabalho por meio de diversas reuniões semanais. Por fim, considerando a multifinalidade dos dados contidos no SGC, as secretarias que de alguma forma são impactadas pelo cadastro imobiliário – quer pela utilização das informações em seus processos, quer pela demanda de atualização proveniente das análises dos processos inerentes às suas atribuições – também contribuíram com suas manifestações, tendo sido, portanto, uma construção coletiva entre os mais diversos setores da Prefeitura Municipal de Joinville.

2.1 Principais conceitos avaliados

Como abordado anteriormente, em que pese o SGC tenha sido construído de forma a compor o CTM do município, os campos que o compõem são, em sua maioria, utilizados para o cálculo do valor do Imposto Territorial e Predial Urbano (IPTU). Em Joinville, as disposições acerca do IPTU e da avaliação de imóveis são formalizadas pela Lei Complementar n.º 389/2013, que contempla os elementos reguladores do cálculo do valor venal dos imóveis.

Todavia, muitos dos elementos utilizados para este cálculo não possuem conceitos bem definidos dentro da legislação citada e do Manual de Avaliação de Imóveis, o que gerava entendimentos diversos entre a equipe técnica da SEFAZ sobre a aplicação dos fatores de ajuste de valor dos terrenos e de edificações.

Por exemplo, no caso dos fatores de correção do valor do terreno “topografia” e “pedologia”, o Manual de Avaliação Imobiliária informa, somente, que estes devem ser obtidos tecnicamente e que são resultantes da depreciação diretamente proporcional às condições do terreno. De acordo com o Artigo 10 da Lei Complementar n.º 389/2013 o fator de depreciação quanto à topografia somente pode ser enquadrado no SGC como “Aclive”, “Declive” ou “Irregular” caso o imóvel possua declividades superiores a 45° em relação ao nível do logradouro. A utilização deste termo pode confundir o munícipe, levando a acreditar se tratar das características do relevo como um todo do imóvel e, em que pese um terreno não tenha um relevo regular, qualquer terreno que não atenda ao disposto na legislação será classificado, para fins tributários, como “plano”.

Neste caso, no “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville”, o termo “Topografia”, primeiramente, foi conceituado de forma técnica, como:

(...) ciência e a arte de representar as feições contidas em uma porção limitada da superfície terrestre ou abaixo dela, dentro dos limites em que os efeitos da forma e dinâmica terrestre não se fazem sentir, bem como, considerada uma determinada época, empregando-se princípios, métodos, aparelhos e convenções para coletar, processar, tratar e dispor estes dados na forma de um modelo que guarda uma relação acurada e precisa com a realidade.

Desta forma, considerando o conceito técnico, foi sugerido que o fator “Topografia” passe a ser denominado como “Início da Superfície do Lote/Terreno”. De forma a complementar o disposto na legislação, foi definido no SGC que este campo representa a “*forma de cadastrar a diferença de nível, entre a cota do eixo central do logradouro e a cota do limite inicial da superfície frontal do lote/terreno. Para o caso do lote/terreno possuir mais de uma testada para logradouro, deverá ser considerado o logradouro da Testada Principal*”. Para tanto,

foram disponibilizadas, também, as Figuras 1, 2 e 3 como exemplo de aplicação do fator. Cumpre ressaltar que para a avaliação da existência ou não deste fator de depreciação, deve ser analisado o mapa de declividades apresentado pelo município ou a camada de declividades disponibilizada no Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo), elaborado através das curvas de nível da Restituição Aerofotogramétrica do ano de 2010.

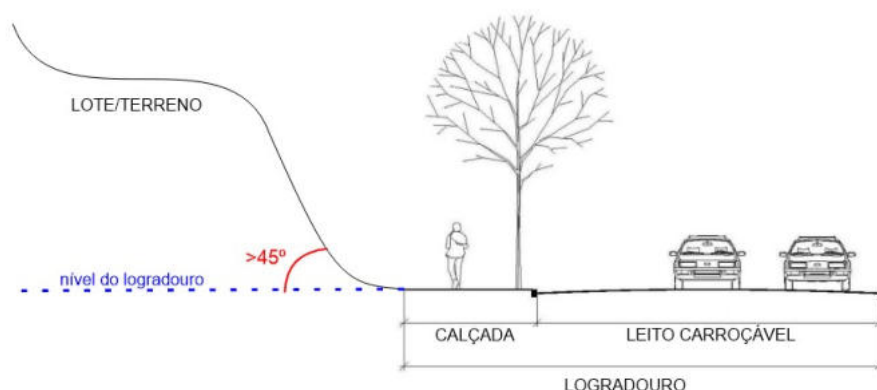


Figura 1. Exemplo de terreno em active, de acordo com o estabelecido pela Lei Complementar n.º 389/2013

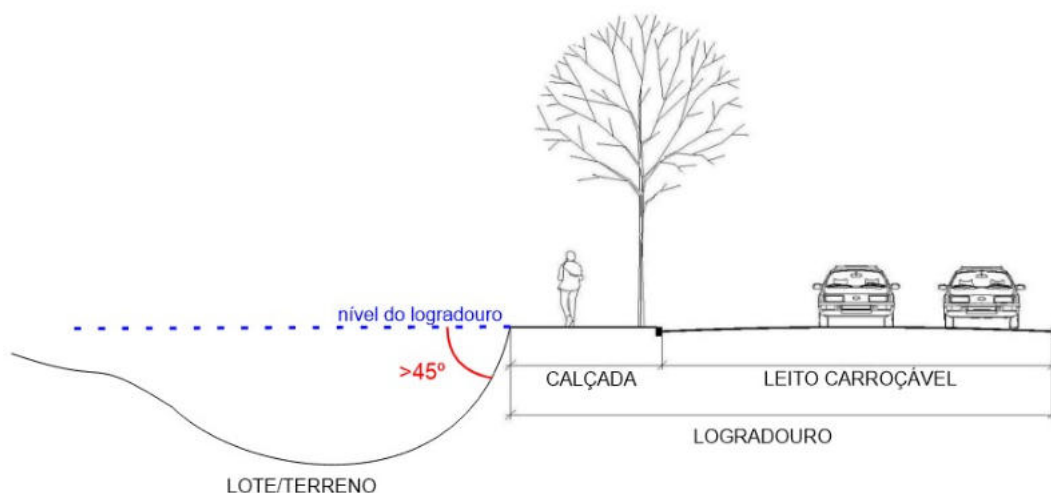


Figura 2. Exemplo de terreno em declive, de acordo com o estabelecido pela Lei Complementar n.º 389/2013

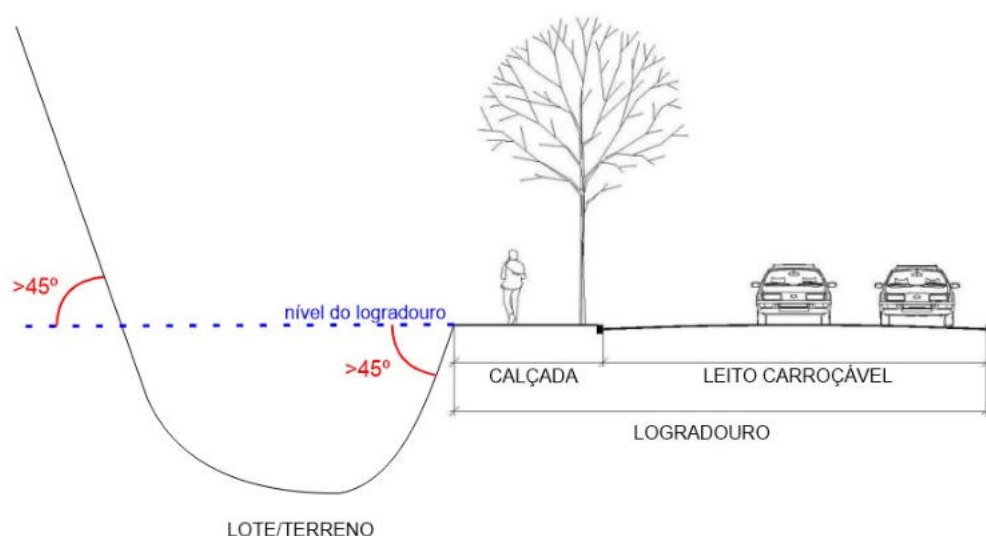


Figura 3. Exemplo de terreno irregular, de acordo com o estabelecido pela Lei Complementar n.º 389/2013

No caso do fator “pedologia”, o Artigo 10 da Lei Complementar n.º 389/2013 apenas define que se trata do “*fator de redução do valor do terreno situado em área de alagado, brejo, inundável e rochoso*”. No “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville”, conceituou-se tecnicamente “pedologia” como “*(...) a ciência que estuda o solo, sua forma, origem, classificação e propriedade. Portanto, cobertura pedológica é a camada superior do solo*”.

O fator Pedologia deveria indicar o quanto as características do solo de um determinado imóvel implicam em um maior custo para sua ocupação. Assim sendo, para aplicação desta depreciação, seria necessário avaliar as condições do solo do imóvel em escala local, considerando também a predominância dessas características. Portanto no “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville” foi proposta a alteração do nome deste campo junto ao SGC para “Condição do Lote/Terreno” e que tem por finalidade o cadastramento da “*(...) condição do lote/terreno, em função das características pedológica, geológica ou localizado na mancha de inundação*”. O Manual de Orientações Técnicas apresenta os critérios para classificação, conforme disposto no Quadro 1.

Outro tema de grande discussão entre os técnicos da SEFAZ refere-se ao fator de depreciação para lote encravado. De acordo com o Manual de Avaliação Imobiliária da Lei Complementar 389/2013:

O fator posição na quadra ou fator E, considera que o terreno encravado deverá sofrer redução de até 40%, por ser um terreno de fundos e não ter acesso direto ao logradouro, tendo que servir-se dos terrenos confrontantes para ter acesso ao logradouro.

Quadro 1. Critérios para classificação do fator “pedologia”

TIPO	CRITÉRIO
1 – Normal	Lote/terreno que não apresenta os tipo 2, 3 ou 4
2 – Rochoso	Lote/terreno que na sua cobertura pedológica apresenta o solo do tipo rochoso, ou seja, rochosoidade o qual refere-se “à <i>exposição do substrato rochoso, lajes de rochas, parcelas de camadas delgadas do solo sobre rochas e/ou predominância de boulders com diâmetro médio maior que 100 cm, na superfície ou massa do solo</i> ” 1
3 – Inundável	Lote/terreno localizado na mancha de inundação que compõem o estudo realizado denominado <u>Área Urbana Consolidada de Joinville – Volume II – Diagnóstico Socioambiental</u> , Anexo 03
4 – Alagado / Brejoso	Lote/terreno que na sua cobertura pedológica apresenta o solo do tipo brejoso, ou seja, área úmida, com a presença de solo hídrico não drenado, também conhecido como solos hidromórficos, e presença de plantas aquáticas ou de espécies vegetais adaptadas a solos periodicamente encharcados

Fonte: Adaptado do Quadro 15 do “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville”. Fonte: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Solos do Estado de Santa Catarina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Em contraposição à definição do próprio Manual de Avaliação Imobiliária da Lei Complementar 389/2013, alguns técnicos tinham o entendimento de que se um imóvel que estivesse cadastrado no SGC como “encravado” quanto à sua situação na quadra fosse limítrofe a um ou mais imóveis com acesso a logradouro público de mesma titularidade; ou possuísse acesso direto a logradouro público, ou ao menos, possuísse rua particular que possibilitasse o acesso ao imóvel; ou ainda, que possuísse alguma edificação cadastrada; deveria ser descadastrado da condição de encravado, sendo considerando como “fundos”.

Entretanto, por mais que o Artigo 1.285 do Código Civil (10.406/2002) garanta o direito à passagem para imóveis encravados, se faz necessário compreender que o SGC se trata também de uma ferramenta a ser utilizada por outras secretarias para tomada de decisão em seus respectivos processos e que de acordo com a Lei Complementar n.º 470/2017 (Lei de Ordenamento Territorial) somente será permitido a liberação de edificações em imóveis que possuam acesso por logradouro público.

Desta forma, se fez necessária a definição dos conceitos de lote encravado e lote de fundos no “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário”, inclusive com a inclusão de figuras ilustrativas, como as que podem ser observadas nas Figuras 4 a 6.

(...)

Encravado, posição física do lote/terreno dentro da quadra, quando nenhuma das faces do polígono do lote/terreno possuir testada para logradouro.

(...)

Fundos, posição física do lote/terreno dentro da quadra, quando uma das faces do polígono do lote/terreno possuir testada parcial para logradouro.



Figura 4. Exemplo de lote encravado. Fonte: SGC (2025)



Figura 5. Exemplo de lote fundos. Fonte: SGC (2025)



Figura 6. Exemplo de lote fundos. Fonte: SGC (2025)

Com relação aos fatores para avaliação das edificações, procedeu-se também com a revisão dos conceitos e critérios, principalmente no que diz respeito à “tipologia” da construção. Cita-se como exemplo o conceito de “indústria”. No Manual de Avaliação Imobiliária da Lei Complementar n.º 389/2013 consta que indústrias “*são grandes edificações que contêm os requisitos técnicos para instalação de indústria. Diferente de galpão ou telheiro e utilizado como industrial*”. Durante as discussões para consolidação do “Manual de Orientações Técnicas do Cadastro Imobiliário”, constatou-se que este conceito é muito simples e genérico e que, por esta razão, trazia impactos principalmente nas revisões de IPTU, visto que os contribuintes, muitas vezes, não concordavam com a aplicação desta tipologia para sua edificação.

Através do “Manual de Orientações Técnicas do Cadastro Imobiliário”, foi possível definir um critério mais específico para a tipologia indústria:

Edificação da unidade, tipo galpão, destinada às atividades econômicas do setor secundário. As indústrias do setor secundário podem ser divididas entre:

- a. Indústria de bens de consumo, que atuam na montagem de produtos;
- b. Indústria de base, que produz máquinas ou produtos usados por outras indústrias e fábricas;

c. Indústria extrativa, que se dedica a produzir maquinário e outros recursos para as empresas do setor primário que atuam na extração de recursos naturais;

Fazem parte do setor secundário: empresas de fornecimento de água e luz; construção civil; fábricas de bens de consumo (produz carros, geladeiras e produtos duráveis ou não duráveis, por exemplo); metalúrgicas e siderúrgicas; fábricas de equipamentos eletrônicos. Portanto a edificação deverá apresentar ao menos duas das características elencadas, como por exemplo: piso de alta resistência, estrutura para apoio de ponte rolante e subestação de energia elétrica.

Por fim, além da definição de diversos conceitos e da forma de preenchimento dos campos do SGC, considerando o conceito de CTM, durante a construção do “Manual de Orientações Técnicas” foi possível também definir as responsabilidades de cada secretaria ou órgão municipal na obtenção ou geração de um dado que tenha relação com seus respectivos processos. Por exemplo, os dados referente à representação geométrica de um logradouro e sua denominação, deverão ser encaminhados à Unidade de Cadastro Técnico e a Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano (SEPUR), pois esta é a secretaria responsável pela definição das diretrizes viárias.

Foram estabelecidas também as rotinas de cadastro e atualização dos imóveis, tendo sido primeiramente definido que esta “(...) é a atividade que envolve a representação dos dados e informações geoespaciais do imóvel no SGC, em conformidade com as informações descritas na matrícula e na situação in loco dos imóveis de forma consolidada”. Para tanto, foi definido que dentro dos processos instruídos ou atividades realizadas pelas demais Unidades da Administração Direta e Indireta que resultem na alteração dos dados e informações geoespaciais dos imóveis, a respectiva Unidade responsável encaminhe os dados e as informações do imóvel que deverão ser cadastrados e/ou atualizados no SGC. Assim sendo, não haveria a necessidade do munícipe autuar processo junto à Unidade de Cadastro Técnico para atualização cadastral. Todavia, também foram definidas as rotinas referente-se à requisição da alteração cadastral a ser realizada diretamente pelo proprietário ou possuidor do imóvel.

3. RESULTADOS OBTIDOS

A publicação da Portaria N.º01/SEFAZ/GAB/UCT em 04 de abril de 2024 possibilitou a definição de conceitos e critérios para a qualificação do Cadastro Territorial Imobiliário e também oportunizou uma maior confiabilidade nos dados cadastrados; agilidade na resolução de conflitos; agilidade na resposta aos contribuintes.

Para fins de comparação, serão apresentados dados referentes aos processos autuados pelos municípios junto à SEFAZ, entre os anos de 2021 e agosto de 2025, e analisados pelas Áreas de Cartografia Cadastral e Engenharia e Avaliação Imobiliária da Unidade de Cadastro Técnico, que se relacionam com a atualização dos dados cadastrais e de geometria junto ao cadastro territorial e imobiliário, sendo eles:

- Alteração cadastral de imóvel: processo específico para as alterações das informações referentes à descrição cadastral do imóvel, como a representação cartográfica e a área edificada;
- Emissão do Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis (ITBI): processo para emissão do boleto de ITBI, no qual a área responsável solicita da Unidade de Cadastro Técnico as alterações cadastrais, quando necessário;
- Revisão de IPTU: processo para solicitar a correção do valor do imposto, no qual a área responsável pelo recálculo solicita a análise dos dados cadastrais e, quando pertinente, a alteração cadastral.

Em relação aos processos de Alteração Cadastral, como pode ser observado no Gráfico 1, houve uma redução significativa no número de processos, bem como, no seu tempo de análise entre os anos de 2021 e 2024. Com as discussões para construção do Manual de Orientações Técnicas ocorrendo desde o ano de 2021, entende-se que a consolidação dos critérios e dos procedimentos processuais entre as áreas da Unidade de Cadastro Técnico oportunizaram a redução principalmente do tempo de análise.

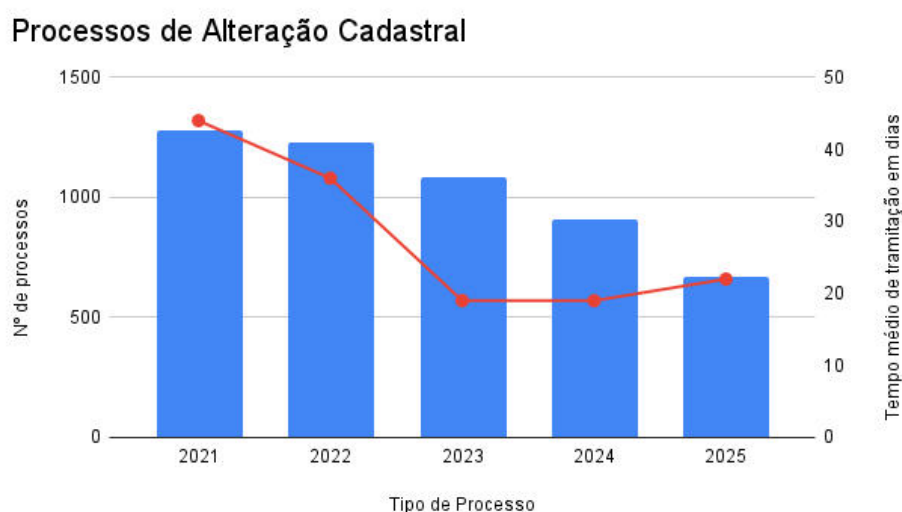


Gráfico 1. Indicadores dos Processos de Alteração Cadastral. Os dados de 2025 foram coletados até o mês de agosto

Quanto à redução do número de processos de Alteração Cadastral, um fato que pode ter levado à redução da entrada de processos na Unidade é que com o aumento de profissionais técnicos qualificados na Área de Cartografia, foi possível implementar a atualização mensal dos dados cadastrais e geométricos dos lotes a partir das novas matrículas abertas pelos 3 (três) Registros de Imóveis. Essas atualizações dizem respeito à retificações, desmembramentos, unificações e aberturas de matrículas provenientes de loteamentos e transcrições. A partir dessa verificação mensal de todas as novas matrículas geradas pelos Registros de Imóveis de Joinville, identifica-se também se os dados relativos à edificação estão desatualizados e, quando necessário, encaminha-se para a Área de Engenharia para os procedimentos de recadastramento.

Cabe salientar que a Prefeitura Municipal de Joinville possui Termo de Cooperação firmado com todos os três Registros de Imóveis que atuam no município, assim como preconiza SILVA *et al.* na publicação “Cadastro Territorial Multifinalitário Aplicado à Gestão Municipal” (2024).

As ações de sensibilização realizadas pela SEFAZ junto às outras Unidades da Administração Direta e Indireta que geram dados a serem inseridos no cadastro imobiliário, principalmente quando da divulgação do “Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário”, também possibilitou que a manutenção do mesmo seja mais efetiva. Por exemplo, periodicamente a Unidade de Cadastro Técnico recebe da SAMA os Certificados de Vistoria de Conclusão de Calçada e Certificados de Vistoria de Conclusão de Obras a serem cadastrados no SGC.

Diante das ações supracitadas, visualiza-se também uma melhoria nos indicadores dos processos de emissão de ITBI e de Revisão de IPTU (Gráficos 2 e 3). Importante destacar que o maior gargalo dos processos de Revisão de IPTU refere-se ao cadastro de calçadas. Conforme o Artigo 17 da Lei Complementar n.º 389/2013 a ausência ou má conservação de calçada, nos imóveis não baldios localizados em vias pavimentadas, terá alíquota majorada. No ano de 2025, 75,23% dos processos de Revisão de IPTU tinham como fato gerador a falta de cadastramento de calçada. Assim sendo, o número deste tipo de processo pode variar a cada ano, a depender da quantidade de trechos pavimentados cadastrados pela Unidade de Cadastro Técnico.

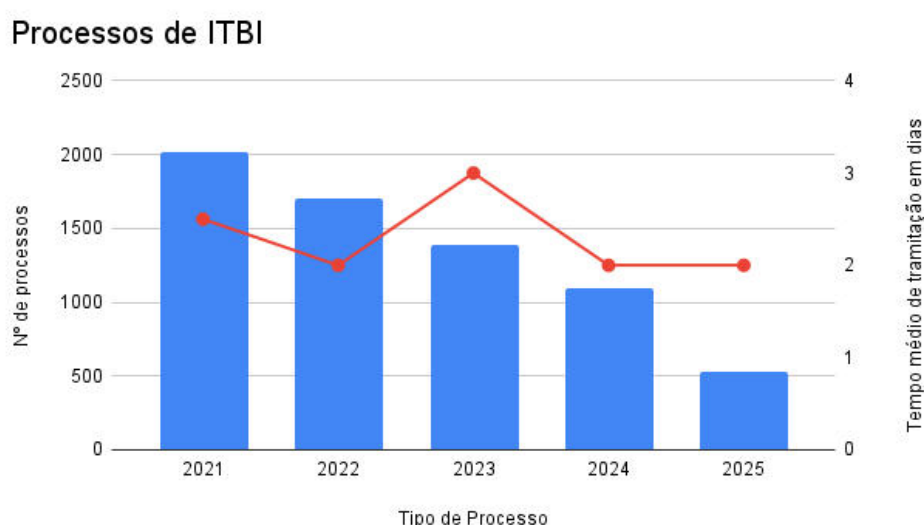


Gráfico 2. Indicadores dos Processos de ITBI. Os dados de 2025 foram coletados até o mês de agosto

Processos de Revisão de IPTU

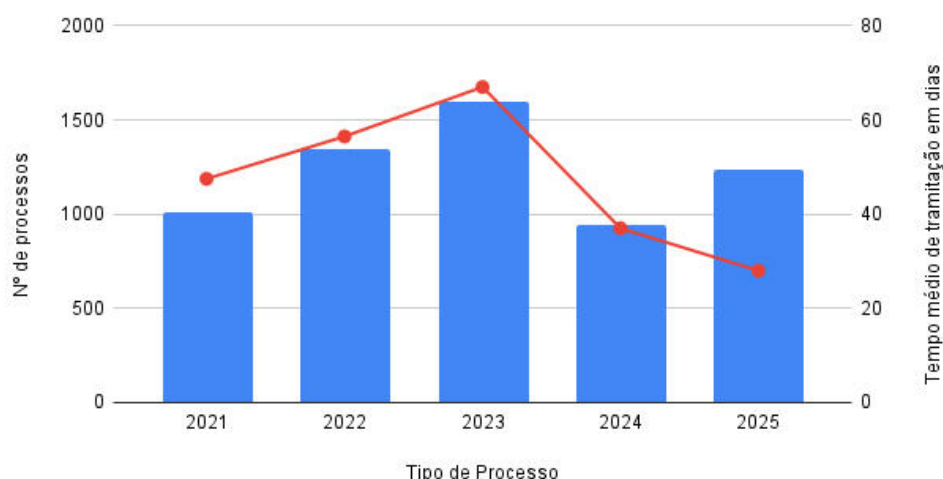


Gráfico 3. Indicadores dos Processos de Revisão de IPTU. Os dados de 2025 foram coletados até o mês de agosto

De acordo com o Ministério das Cidades (2024), a manutenção do cadastro territorial seria mais efetiva por meio da interoperabilidade das instituições interessadas nas informações provenientes do cadastro, através da materialização de uma plataforma de integração de dados do tipo *web*. Todavia, entende-se que os esforços realizados até o momento, cooperaram para a melhoria da manutenção do cadastro territorial de Joinville.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como próximos passos para qualificação do Cadastro Territorial Imobiliário do Município de Joinville, citam-se os seguintes projetos com contribuições da Unidade de Cadastro Técnico:

- Publicação de Decreto referente à implantação e utilização da Rede de Referência Cadastral Municipal e implantação das parcelas certificadas;
- Publicação do Manual de Procedimentos Operacionais Padrão das Áreas de Cartografia e Engenharia e Avaliação Imobiliária;
- Atualização da base cartográfica digital da área urbana e área de expansão urbana parte do município de Joinville, via de técnicas de aerolevantamento com elaboração de ortofotos (composição RGB e Infravermelho), fotografias aéreas oblíquas, mapeamento LiDAR, restituição aerofotogramétrica, processamento dos dados LiDAR, reambulação, edição gráfica, vinculação das feições gráficas restituídas ao banco de dados multifinalitário existente, atualização cadastral e elaboração de proposta técnica para nova Planta Genérica de Valores, através do Termo de Contrato 223/2025 em andamento;
- Atualização da Lei Complementar n.º 389/2013 e da Planta Genérica de Valores – PGV, com adequação das definições de critérios de avaliação de imóveis que

- atualmente são vagos, mas que são necessários para a atualização e manutenção do cadastro territorial imobiliário;
- Disponibilização da Certidão Unificada de Cadastro Imobiliário e Declaração de Dados Cadastrais;
 - Criação do Observatório do Mercado Imobiliário.

REFERENCIAS

JOINVILLE. (2013). Lei Complementar n.º 389 de 27 de setembro de 2013. Dispõe acerca do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana – IPTU e do sistema de avaliação de imóveis no âmbito do município, e dá outras providências.

JOINVILLE. (n. d.) Portaria n.º 01/SEFAZ/GAB/UCT. Manual de Orientações Técnicas para o Cadastro Territorial e Imobiliário de Joinville.

SILVA, Everton da; et al. (2023). Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à Gestão Municipal [recurso eletrônico]. Florianópolis: UFSC. 214 p.: il.

CONTATOS

Patrícia de Castro Pedro
Emilia Grasielle Nicolodi
João Henrique Becker
Carla Cristina Pereira
Claudia de Oliveira Bosco
Ana Cristina Peruzzo Bardini

Prefeitura Municipal de Joinville
Avenida Hermann August Lepper, n.º 10 - Saguauçu
Joinville/SC
Brasil
Tel: 55 + (47) 3431-2241
Email: sefaz.uct@joinville.sc.gov.br
Website: <https://www.joinville.sc.gov.br/>

Fit-for-Purpose Land Administration: Status, Success, and Scaling for Sustainable Development

Israel Oluwaseun TAIWO, Nigeria and Paula DIJKSTRA, The Netherlands

Key words: FFPLA, Land Administration, Scaling, Sustainable Development

SUMMARY

This paper presents an overview of the Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA) approach, examining its current status, implementation successes, and strategies for scaling to address global land tenure challenges. FFPLA prioritizes flexibility, inclusivity, and speed in securing land rights, particularly for marginalized communities, aligning with the Sustainable Development Goals (SDGs). Through analysis of case studies from Rwanda, Mozambique, and Benin, the paper highlights key lessons, including the importance of political will, participatory methodologies, technology integration, and capacity building. It also addresses challenges such as professional resistance, legal framework adaptations, and resource constraints. The paper proposes strategies for mainstreaming FFPLA, emphasizing public-private partnerships, digital transformation, and adaptation of legal frameworks. Emerging trends like AI, crowdsourcing, and spatial data infrastructure are explored for their potential to enhance FFPLA scalability. Ultimately, the work advocates for a renewed commitment to land tenure security, urging policymakers, practitioners, and researchers to advance FFPLA for equitable and sustainable development. This work contributes to the discussion on integrated land administration for climate resilience by promoting efficient, inclusive, and adaptable land management practices essential for sustainable development.

1. INTRODUCTION

Secure land tenure is a critical foundation for economic development, social stability, and environmental sustainability. However, conventional cadastral systems are often costly, complex, and inaccessible to the majority, especially in developing countries. The Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA) paradigm emerged as a response, focusing on flexible, affordable, and scalable solutions addressing actual community needs rather than technical perfection (Enemark et al., 2016). FFPLA prioritizes inclusivity, cost-effectiveness, and rapid deployment by adapting spatial, legal, and institutional frameworks to local

contexts. This approach facilitates the recognition of diverse tenure forms, including customary rights, aligned with global Sustainable Development Goals (SDGs), especially poverty reduction and gender equality (Enemark et al., 2016; Metaferia et al., 2023).

The objectives of this paper are to review the current status of FFPLA adoption worldwide, analyze lessons from implementation experiences, and propose strategies for scaling FFPLA to achieve universal land tenure security.

2. METHODOLOGY

This publication includes:

- Insights from 19 land administration experts, representing diverse regions and stakeholder roles, have been analyzed to uncover common themes and challenges. These experts include:
 - **Case Studies:** Regional and country-specific examples illustrate the practical application of FFPLA principles and provide context-specific lessons.
 - Experiences were gathered from:
 - Land Journal Special Issue on “Providing Secure Land Rights at Scale”.
 - Responses to the survey on “An Analysis of Land Demarcation Practices in Africa at the Emergence of FFP”
 - Insights from case stories
 - **Workshop Insights: Insights from the FIG Commission 7.2 workshop *themed “Adapting, Adopting and Evolving Approaches to Land Administration; Towards Effective Upscaling of FFP Approaches”* held during FIG Working Week 2024.**
 - **Existing Literature:** Building on the foundational publication of FIG 60 and other academic and policy resources, this publication situates FFPLA within broader global discussions on land rights and sustainable development.

4. STATUS OF FIT-FOR-PURPOSE LAND ADMINISTRATION

FFPLA’s global adoption relies on three interconnected frameworks:

- **Spatial Framework:** Uses affordable, participatory mapping tools such as GNSS, drones, and mobile applications to expedite and simplify parcel mapping with flexible boundary definitions (Enemark et al., 2014, 2016)

- **Legal Framework:** Calls for legal recognition of non-conventional tenure types and adaptation of land laws to accept FFPLA outputs as legitimate (Wicomb, 2025)
- **Institutional Framework:** Ensures continuity and coordination through dedicated agencies or government bodies to manage and sustain FFPLA initiatives (Metaferia et al., 2023).

Countries including Rwanda, Ethiopia, Kenya, Indonesia, Colombia, and Benin have shown progressive FFPLA adoption with significant successes in scaling parcel registration, cost reduction, inclusivity, and conflict resolution (Enemark et al., 2021; Taiwo et al., 2022). For example, Rwanda registered over 11 million parcels in about five years through community participation and digital technology (Enemark et al., 2021)

However, challenges persist such as resistance from traditional institutions, rigid legal frameworks, technological capacity gaps, and political instability (Metaferia et al., 2023). Trends in digital land governance, public-private partnerships (PPPs), and adoption of AI and geospatial technologies are shaping FFPLA's evolution (Enemark et al., 2014).

5. LESSONS FROM GLOBAL IMPLEMENTATION

This chapter shifts focus to the practical key strategies, enabling tools necessary to scale FFPLA beyond initial pilots and isolated projects, paving the way for mainstreaming the approach and achieving nationwide implementation.

The transition from a pilot to a large-scale implementation represents a fundamental shift in focus and methodology. Pilots are typically small-scale, designed to test new approaches and technologies within limited geographic areas or specific population groups. Their primary goal is learning and iteration, allowing for flexibility, adaptation, and refinement based on lessons learned. Resources are often constrained, and intensive guidance and technical assistance are common. Examples of such pilots have been experienced across Rwanda, Mozambique, Benin, Indonesia, Colombia, and Kenya. A typical example was in Makueni County, Kenya, where the principles of FFPLA were applied, and a mobile application was developed for data collection.

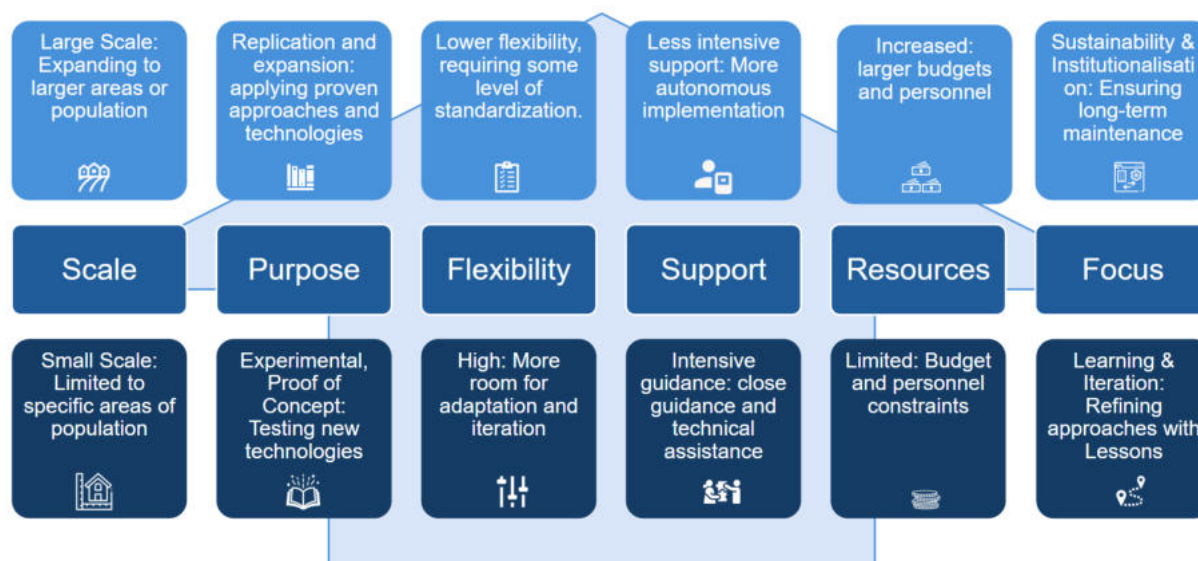


Figure 1: From Pilots to Large-Scale Implementation of Fit-for-Purpose Land Administration

In contrast, up scaling involves replicating and expanding these proven approaches and technologies to cover larger areas and populations. This requires strong political will and institutional support, as highlighted in the interview results. The focus shifts from learning to standardisation and consistency in procedures, necessitating less intensive, more independent support as the project matures. Participatory approaches, involving local communities and professionals, are crucial for successful scaling and data maintenance. Technological advancements, like mobile apps and satellite imagery, enable cost-effective and efficient data collection (FAO et al., 2022; Taiwo et al., 2024).

Ultimately, upscaling aims for sustainability and institutionalisation, ensuring the long-term viability, maintenance, and seamless integration of FFPLA approaches into existing systems and policies is possible. Legal frameworks and education are essential to ensure the long-term sustainability and acceptance of FFPLA, and overcoming resistance from traditional surveyors and legal professionals is vital for widespread adoption.

Diverse country experiences offer valuable insights:

- **Rwanda:** Rapid post-conflict parcel registration at scale through digital participatory methods demonstrates the importance of political commitment and stakeholder engagement (Enemark et al., 2021).
- **Mozambique:** Leveraged mobile technology for rural land documentation and prioritized gender equity, promoting tenure inclusion for women (Metaferia et al., 2023).
- **Benin:** Transitioned from fragmented paper systems to digital registries, emphasizing capacity building and data sustainability (Enemark et al., 2021).

- **Indonesia:** Implemented generalized boundaries and technology integration to accelerate nationwide land registration at reduced cost (Aditya et al., 2020)
- **Colombia:** Used land regularization initiatives linked to peace processes, underscoring community involvement in tenure formalization (Metaferia et al., 2023)
- **Kenya:** Piloted participatory adjudication supported by geospatial tools, facing mixed sustainability outcomes that highlight the need for institutional backing (Enemark et al., 2016; Metaferia et al., 2023)
- **Ethiopia:** Achieved large-scale rural land documentation but faces challenges upgrading urban land administration systems (Enemark et al., 2021)

Key success factors include participatory approach, technical flexibility, sustained political support, institutional capacity, appropriate technology, funding mechanisms, and legitimacy through legal recognition (Enemark et al., 2016; Metaferia et al., 2023)

6. STRATEGIES FOR SCALING FFPLA

Successful scaling from pilot projects to nationwide coverage requires a holistic approach:

- **Political and Legal Enablers:** Strong political will combined with reforms to accommodate diverse tenure types and recognize FFPLA data as authoritative is critical (Wicomb, 2025)
- **Public-Private Partnerships:** Collaborations mobilize resources and innovation, exemplified in Rwanda's and Ghana's land administration projects (Enemark et al., 2021).
- **Capacity Development:** Training across government, private sector, and communities ensures competent FFPLA implementation and sustainability (Metaferia et al., 2023).
- **Building Trust and Legitimacy:** Integrating customary and informal tenure recognition fosters public confidence and social acceptance (Wicomb, 2025).
- These key strategies encapsulate the necessary activities required in overcoming resistance and upscaling the FFPLA approach, thereby ensuring the security of tenure for all.

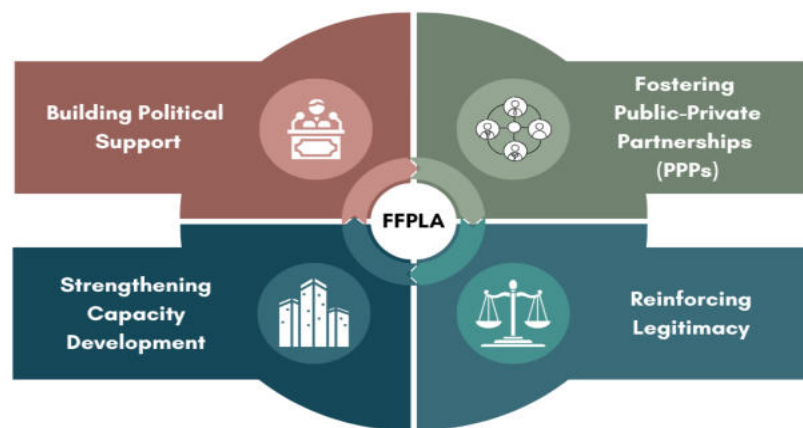


Figure 2: Key Strategies for mainstreaming FFPLA

These strategies stress multi-sector collaboration involving governments, private companies, and civil society to ensure institutionalization and resilience of FFPLA systems (Enemark et al., 2016, 2021).

6.1 Toward Universal Land Tenure Security by 2030

Universal tenure security aligns squarely with SDG target 1.4 to ensure equal rights to ownership and control over land. FFPLA offers a pragmatic pathway toward this target by enabling affordable, inclusive land administration tailored to diverse contexts (Enemark et al., 2016).

Key enablers include uninterrupted political commitment, adequate funding, systematic capacity enhancements, responsible technology use, and inclusive governance structures (Metaferia et al., 2023; Wicomb, 2025)

A call to action is necessary for all stakeholders to embrace FFPLA principles, invest in innovation with equity, and intensify partnerships to overcome barriers quickly and effectively (Enemark et al., 2021)

7. CONCLUSION

Fit-for-Purpose Land Administration represents a transformative strategy to address global land tenure challenges by marrying affordability, inclusivity, rapid deployment, and

scalability. Global experiences underscore its potential to radically expand secure tenure, support economic development, and enhance governance.

While challenges remain, particularly institutional resistance and legal rigidity, FFPLA's foundational principles and emerging technological and policy trends provide robust avenues toward mainstreaming. Success will depend on political advocacy, legal reforms, collaborative partnerships, capacity strengthening, and technological integration.

The urgency to secure land tenure for all requires embracing FFPLA pathways as essential components of global land governance reforms and sustainable development.

REFERENCES

- Aditya, T., Maria-Unger, E., vd Berg, C., Bennett, R., Saers, P., Lukman Syahid, H., Erwan, D., Wits, T., Widjajanti, N., Budi Santosa, P., Atunggal, D., Hanafi, I., & Sutejo, D. (2020). Participatory Land Administration in Indonesia: Quality and Usability Assessment. *Land*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/land9030079>
- Enemark, S., Clifford, K. B., Lemmen, C., & McLaren, R. (2014). *Fit-For-Purpose Land Administration*. International Federation of Surveyors (FIG). www.fig.net
- Enemark, S., McLaren, R., & Lemmen, C. (2016). *Fit-For-Purpose Land Administration: Guiding Principles for Country Implementation*. (Issue HS/033/16E). United Nations Human Settlements Programme UN-Habitat.
- Enemark, S., McLaren, R., & Lemmen, C. (2021). Fit-for-Purpose Land Administration—Providing Secure Land Rights at Scale. *Land*, 10(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/land10090972>
- FAO, UNECE, & FIG. (2022). *Digital transformation and land administration – Sustainable practices from the UNECE region and beyond*. FAO; UNECE (United Nations Economic Commission for Europe); FIG. <https://doi.org/10.4060/cc1908en>
- Metaferia, M. T., Bennett, R. M., Alemie, B. K., & Koeva, M. (2023). Fit-for-Purpose Land Administration and the Framework for Effective Land Administration: Synthesis of Contemporary Experiences. *Land*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/land12010058>
- Taiwo, I. O., Ibitoye, O. M., & Oladejo, S. O. (2024). Comparison between aerial imagery and conventional cadastral mapping methods in Ekiti State Nigeria; towards a fit-for-purpose approach. *Survey Review*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00396265.2024.2390237>
- Taiwo, I. O., Nyangkori, M., Kezia, E., Nyandeché, E., Pondo, L., Muramira, S., & Mukaila, I. (2022). An Analysis of Land Demarcation Practices in Africa at the Emergence of FFP Approaches. *Volunteering for the Future - Geospatial Excellence for a Better Living*. FIG Working Week, Warsaw, Poland.

https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2022/papers/ts04b/TS04B_taiwo_nyangkori_et_al_11700.pdf

Wicomb, W. (2025). *Enhancing Security of Tenure Through Land Administration* [LRC/PARI Policy Brief].

BIOGRAPHICAL NOTES

Israel Oluwaseun Taiwo

Israel Oluwaseun Taiwo is a geomatics lecturer in the Surveying and Geoinformatics department of the Federal Polytechnic Ado-Ekiti, Nigeria where he currently serves as acting Head of Department. With expertise in the application of remote sensing data for land administration, he holds a PhD in Remote Sensing and GIS from the the Federal University of Technology, Akure. Israel is a registered Surveyor with the Surveyors Council of Nigeria, an active member of the Nigerian Institution of Surveyors and the International Federation of Surveyors (FIG). Israel currently chairs the FIG working group 7.2 - Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA), where he focuses on engaging the challenges of scaling up FFPLA approaches and fostering efforts to ensure the security of tenure for all. He believes that volunteering is fundamental to achieving the Sustainable Development Goals.

Paula DIJKSTRA

As the Director of Kadaster International, Paula oversees the coordination of the organization's global initiatives and international cooperation projects. Kadaster International offers consultancy services to governments worldwide in land administration, geoinformation services, e-governance, and SDI implementation. Joining the international department in 2011, Paula brings extensive experience to her role.

Her academic background includes a Master's degree in Social Geography, complemented by specialized training in GIS, cadastral data acquisition, and 3D modelling. Currently, Paula serves as the chair of the FIG task force dedicated to advancing the Sustainable Development Goals. Also, she is appointed as co-chair of the UNGGIM Expert Group on Land Administration Management.

CONTACTS

Given name and family name: **Israel Oluwaseun TAIWO**

Institution: The Federal Polytechnic Ado-Ekiti

114

Israel Oluwaseun Taiwo, Nigeria and Paula Dijkstra, The Netherlands

Fit-for-Purpose Land Administration: Status, Success, and Scaling for Sustainable Development

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Address: Opp. Afe Babalola University, Along Ado/Ikare Road
City: Ado-Ekiti
COUNTRY: Nigeria
Phone: +2348062865973
E-mail: israeltaiwo@gmail.com; taiwo_io@fedpolyado.edu.ng
Website: <https://www.fedpolyado.edu.ng/>

Given name and family name: **Paula DIJKSTRA**
Institution: Kadaster International
Address: Hofstraat 110, 7311 KZ,
City: Apeldoorn
COUNTRY: The Netherlands
E-mail: Paula.Dijkstra@kadaster.nl
Website: <https://www.kadaster.com/>

Maya Communal Lands in Belize: A fit-for-purpose model to support indigenous land rights, climate resilience and legal integration.

Sunil LALLOO, Trinidad and Tobago, Charisse GRIFFITH-CHARLES, Trinidad and Tobago, Leonel FRAZER, Belize

Key words: Fit-for-purpose Land Administration, Maya land tenure, Belize

SUMMARY

Indigenous land rights remain a central concern in global land governance, with the case of the Maya communities in southern Belize offering a particularly important example of legal pluralism in practice. Landmark rulings of the Caribbean Court of Justice confirmed Maya communal tenure, but their implementation has been slow or arguably, non-existent. This tension highlights the need for frameworks that can respect cultural traditions while providing the legal certainty and institutional support necessary for sustainable development, climate resilience, and social equity.

This paper reports on a pilot study conducted in four Maya villages in the Toledo District. A structured questionnaire was used to capture community perspectives on tenure security, government engagement, conflict resolution, and concerns about formalisation. While limited in scope, the pilot provides valuable insights into how customary tenure is perceived and managed at the village level. The empirical findings are complemented by a review of relevant legal frameworks and international land administration approaches, particularly the Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA) guidelines and the Land Administration Domain Model (LADM).

Findings reveal that Maya communities perceive high levels of security under customary systems but remain wary of formalisation due to fears of taxation, government control, and cultural erosion. While most respondents preferred individual ownership, a significant minority supported communal custodianship through village councils. Drawing on FFPLA principles, the study proposes an LADM-based framework that records communal and household-level rights while ensuring accessibility, upgradeability, and interoperability with Belize's cadastral infrastructure. The model provides a replicable pathway for integrating indigenous land rights into national systems without undermining customary practices.

Maya Communal Lands in Belize: A fit-for-purpose model to support indigenous land rights, climate resilience and legal integration.

Sunil LALLOO, Trinidad and Tobago, Charisse GRIFFITH-CHARLES, Trinidad and Tobago, Leonel FRAZER, Belize

1 INTRODUCTION

Communal land is a form of customary tenure, a global phenomenon whereby land is held jointly, oftentimes without formal recognition by the state (Shidiq and Pulungan 2025; Bonte 2024). Societal norms, cultural traditions and unanimously accepted processes of a community group, tribe, clan, family or corporation are what constitute the land governance of customary tenure (Alden Wily 2012; Knight 2010; Cotula and Chauveau 2007; Cousins 2007; Waiganjo and Ngugi 2001).

Belize's Maya communities – primarily of Q'eqchi', Mopan, and related groups – have practised communal land tenure in southern Belize for centuries, predating colonial rule (Kus et al. 2023). However, British colonial and post-independence governments did not formally recognize these customary land rights, instead imposing regimes of individual land titling and resource extraction that marginalized Maya claims (Anaya 1998). Furthermore, Maya people have been historically prevented from land ownership and left with little to no legal recourse to the State infringing on their land rights through subdivision, leasing, and natural resource allocation, without consultation or consent (Bolland 2003; Parks 2011).

During the late 20th century, land governance conflicts intensified as state-led conservation and development projects encroached on Maya ancestral areas (Gahman et al. 2020). For example, the creation of the Cockscomb Basin Wildlife Sanctuary in 1984 excluded Maya participation and access to traditional lands, exacerbating land insecurity and alienation of Maya communities from decision-making processes (Meaghan M. Peuramaki-Brown and Shawn G. Morton 2021).

By the early 21st century, Maya land rights struggles became high-profile legal battles. In 2007 and 2010, Belize's Supreme Court issued landmark rulings (e.g. *Cal et al. v. Attorney General*) that affirmed Maya customary land tenure and the collective property rights of Maya villages (Nettheim 2007; Parks 2011). These victories were later upheld in 2015 by Belize's highest appellate court, the Caribbean Court of Justice (*The Maya Leaders Alliance et al v. Attorney General of Belize* 2015). The CCJ not only reaffirmed that Maya communal land rights are protected by law but also ordered the government to create a fund of BZ\$300,000 as an initial step toward compliance (ELAW 2025). This unprecedented ruling acknowledged the long history of colonial-era dispossession and required the State to take concrete measures to protect Maya land rights (Medina 2016).

Despite these legal precedents, implementation on the ground has lagged (Parks 2011). The Belizean government has been slow to institute the necessary legal and administrative frameworks, resulting in continued unclear land boundaries and governance challenges (Vieira and Azambuja 2020). To date, there is no comprehensive demarcation of Maya village lands, leaving the exact extent of communal territories in limbo (Hyde 2021). Moreover, Maya traditional governance via the Alcalde system – a community-based leadership structure – operates largely outside the national land administration framework, and this duality has led

117

Sunil Lalloo, Charisse Griffith-Charles, Trinidad and Tobago and Leonel Frazer, Belize

Maya Communal Lands in Belize: A fit-for-purpose model to support indigenous land rights, climate resilience and legal integration.

historically to overlapping jurisdictions and tensions (Hoffmann 2015; Anaya 1998). National enforcement of indigenous land rights remains weak; for instance, although the Inter-American Commission on Human Rights in 2004 urged Belize to delimit and title Maya lands, these recommendations have not been fully carried out (Minority Rights Group 2016). In the absence of clear legal integration, external pressures such as agricultural expansion, tourism development, and conservation initiatives continue to supersede indigenous claims, reinforcing patterns of exclusion and displacement of Maya people from their ancestral land. This historical and legal context sets the stage for the urgent need to address Maya land governance in Belize.

2 RATIONALE AND SIGNIFICANCE OF THE STUDY

The conflicts over Maya lands in Belize illustrate the urgent need for the implementation of land administration systems that would harmonise the legal frameworks with indigenous land practices. While the numerous judgments may appear to be a win for the Maya people, the absence of a coherent mechanism for recording and recognising rights, interests, and management practices has prevented them from realising the intended benefits (Medina 2016). This study proposes an integrated approach using the Fit-for-Purpose Land Administration to address this gap. Such a system can offer Belize a cost-effective path to support Maya tenure without undermining traditional governance structures, aligning with the Caribbean Court of Justice's 2015 mandate for a recognition framework.

The study contributes technical and policy insights by demonstrating how a Fit-for-Purpose Land Administration system can be adapted for indigenous communal ownership. The results and recommendations of this study are also beneficial towards broader goal of inclusive and climate-responsive land management.

3 THEORETICAL FRAMEWORK

This study captures governance information from experiences in indigenous lands in Belize and postulates that these de facto mechanisms can be recorded and managed through a Fit-For-Purpose Land Administration (FFPLA) System. It further hypothesizes that the technological inputs from such a system help to create a model that would support the customary land rights in Maya lands in a way that is adaptive and climate resilient. The following sections highlight the literature on Maya Lands in Belize and positions this research into the broader theoretical framework of FFPLA.

3.1 Customary vs. Statutory Tenure Systems

The global experience

Customary tenure is a global phenomenon and, in most cases, exist alongside formally recognised land titling and registration schemes (Alden Wily 2017; 2012). Instead of discrete systems of land tenure, a common reality is the existence of a continuum of land rights within a single jurisdiction (Lemmen et al. 2015). In some countries, most notably in Sub-Saharan

Africa, communal-based tenure systems have been formally recognised in law and exist alongside other legal systems, blending and mixing, with occasional conflict at intersection points (Rachael S. Knight 2010; Edwin et al. 2020; Mushinge and Mulenga 2016). This nexus of overlapping legal systems is referred to as “Legal Pluralism” and, in the context of land tenure, is defined as “*..the different sets of rights and obligations concerning land and property, as these reside within multiple social fields or normative orders*” (Unruh 2003, 355). Knight (2010) posits that the protection and enforcement of land claims under customary systems is best achieved by legislative reform that codify such practices into the national legal framework. Mushinge and Mulenga (2016) on the other hand, note that even in cases where customary tenure has received statutory protection, rights supported by private title deeds often take precedence over social legitimacy. A similar experience is reported in Vanuatu, where newly passed legislation to support customary laws amounts to deep legal pluralism or just a shallow veneer (Farran and Corrin 2017).

Problems arise when one system (usually the received laws of private land titles) does not recognise the other as valid, causing widespread tenure insecurity (Rachael S. Knight 2010). When rights to land are incompatible, the confusion causes conflict and jeopardizes a peaceful process (Unruh 2003). Insecure tenure systems do not promote land/credit markets and deprives the poor of protection of their basic rights (Mushinge and Mulenga 2016; Rachael S. Knight 2010; Barnes and Enemark 2020).

Belize

In terms of the formal system, most of the English-Speaking Caribbean, including Belize, inherited their land titling/registration system from received English law (Owusu and Simmons 2021). Belize operates a dual land registration regime through two legislative instruments – the Registered Land Act (Cap. 194) and the Law of Property Act (Cap. 190). Additionally, the General Registry Act (Cap. 372) facilitates the registration and handling of various land transactions. The Registered Land Act created a Torrens-title registration system whereby the government can designate certain areas ‘compulsory registration areas’ in which all dispositions in land must be registered and titles may be granted either absolute or provisional (Registered Land Act 2020; Hyde 1991). Land not in declared areas is transacted by deeds and recorded under the General Registry regime (Law of Property Act 2000).

In Southern Belize, particularly in the villages of Santa Cruz and Conejo, there exists Maya customary land tenure (Nettheim 2007). The Maya have historically asserted their land and resource rights through customary land tenure practices that extend well beyond territorial boundaries (Anaya 1998). With respect to the Toledo Maya, these customary rights encompass both individual and collective rights (Parks 2011), and they live in over 30 villages throughout the district or in close proximity to the lands over which logging concessions have been granted (Anaya 1998). In addition to examples provided earlier, the Belizean government has independently established national parks on Maya territory (such as the Sarstoon-Temash National Park) without considering or consulting with the Toledo Maya (Parks 2011). Furthermore, the policies of the State to grant leaseholds, often overlooked customary cultivation rights and the assumption of eminent domain had the effect of marginalising the Maya communities (Clark 2000).

Notwithstanding these oppressive measures, the Maya has had success in the recognition of their rights by international bodies and the judiciary (mentioned earlier). The Inter-American

Commission on Human Rights, for example, asserted that the communal property rights of the Maya arose out of long-standing occupation that pre-dated European colonisation (Nettheim 2007). A considered view of Maya self-determination in southern Belize illustrate how communities organize around land rights, which are vital for their political and cultural preservation (Parks 2011). The Maya Leaders Alliance has been an active advocate championing the goal of tenure security as it is crucial to maintaining the Maya identity, culture, and livelihood in southern Belize (Maya Leaders Alliance 2018).

The Maya Alcalde System of Belize

The Maya Alcalde system in Belize is a multidimensional governance institution that originated during colonial rule, based on Spanish-Maya precedents (Moberg 1992). While having its genesis in colonial legacies, the governance system is deeply rooted in indigenous history and culture (Ekern 2011; Moberg 1992). Similar indigenous systems of governance are also seen in Guatemala (Ekern 2011; Sieder and Witchell 2001) and Mexico (Herrera 2011), although parallels can be drawn across all of Latin America (Schulman 1957; Anaya 1998). Kus et. al (2023) postulates that the system predates European imperialism in the Caribbean, functions in accordance with customary Maya laws and, despite influence and even subjugation from colonial forces, the communities continue to defend it and retain its indigenous legacies.

The principal political figure in each Maya village is the alcalde, an individual who is given the authority to oversee community affairs, while coordinating and consulting with other leadership figures and village councils (Anaya 1998). According to Wainwright (2022), *“In the customary sense, the alcalde sits below the community as its organizing center, acting as its voice and servant. As a judge in the colonial legal system, the alcalde was raised above the community”*.

The Toledo Alcaldes Association (TAA) is the highest arbiter and custodian for the Maya people in Belize. It consists of 78 leaders from 41 Maya communities in the Toledo District. These Alcaldes are tasked with fostering harmony in their communities, resolving disputes and engaging residents on matters related to development projects (Kus et al. 2023). The Alcalde system exists within the network of communities and functions alongside other Maya political and social institutions, which, according to *Professor Richard Wilk*, a leading authority on the Maya of Southern Belize, demonstrates the perseverance and continuity of indigenous Maya society in the district (Anaya 1998).

The autonomy of the Alcaldes was not, however, unchecked. As far as the colonial government was concerned, an Alcalde was a judicial and administrative authority selected by the community, but ultimately answerable to the British (Moberg 1992). A 1913 Ordinance expressly excluded Alcaldes from having the power to adjudicate over land disputes (Clark 2000).

Figure 1 shows the overlap of the statutory tenure regimes and the Maya Alcalde system in Belize. The jurisdictional conflicts that arise include land transactions (conveyances), grant fiats, protected areas (such as national parks), logging concessions, and boundary demarcations (Frazer 2025).

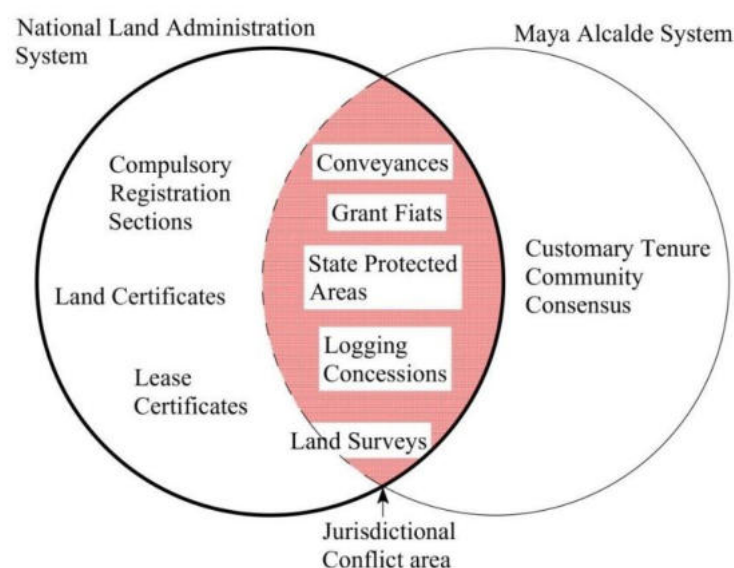


Figure 1. Dual land governance and conflict in Belize. Source Frazer (2025, 57)

3.2 Fit-For-Purpose Land Administration

The term Fit-For-Purpose Land Administration (FFPLA) refers to the guiding principles for establishing the spatial, legal, and institutional frameworks to support land information management in a flexible and participatory manner, responsive to a unique country context (Musinguzi et al. 2021). Originating from the seminal work of Stig Enemark and others in a partnership between the International Federation of Surveyors (FIG) and the World Bank (WB), the concept introduces an approach to land administration that is flexible and focused on serving the purpose for which the systems were created rather than detailing technical solutions and high accuracy surveys (Enemark 2015). Mekking et al. (2021, 1) adds that “From a quality perspective, this meant a shift in priorities from ‘good but slow’ to ‘good enough and fast’”. Figure 2 below shows the conceptual model of FFPLA, incorporating the spatial, legal, and institutional frameworks. A very useful account of the history, evolution, and core methodological contributors to the FFPLA can be found in Enemark et al. (2021).

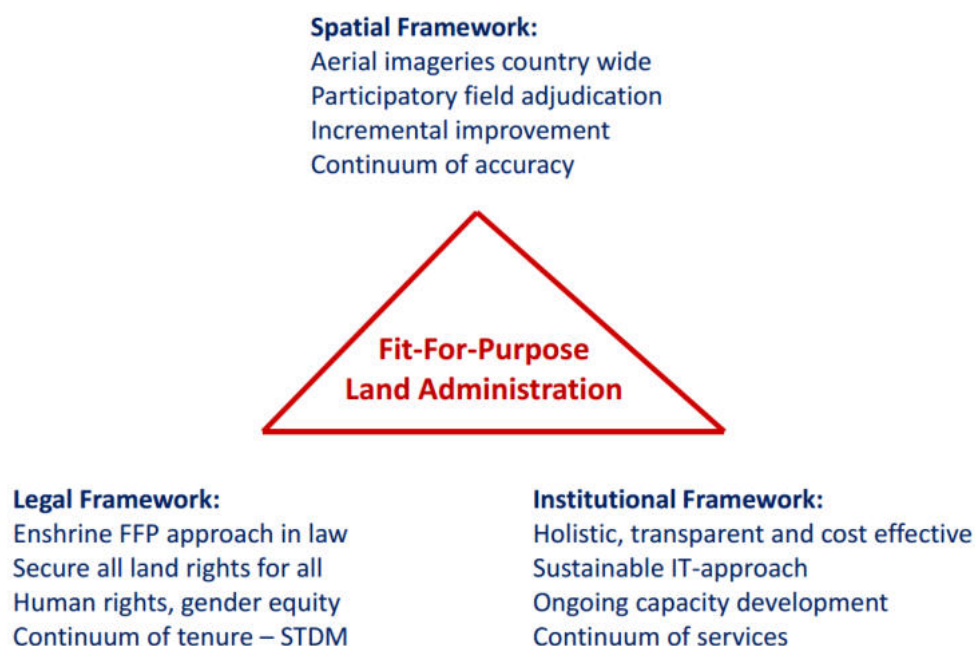


Figure 2. The Fit-for-Purpose Concept. Source (Enemark 2015, 10)

In many developing countries, legal frameworks that guide the adjudication process lack sensitivity to customary tenures and are often restricted to individual/private parcel-based statutory forms (Lengoiboni et al. 2021). Customary land tenures involve complex arrangements with overlapping, complementary, and contesting land rights that can only be preserved if they are codified in formal rules (Delville 2014; Fonmanu et al. 2003; Lengoiboni et al. 2021). Adopting a FFP approach can help to solve these issues of complexity in a way that is efficient and cost effective (Musunguzi et al. 2021; Mekking et al. 2021).

FFPLA can provide solutions by increasing the number of households with secure land tenure, which in turn, improves resilience outcomes as the settlement grows. Securing and safeguarding land rights, and the planning and control of land use are two governance mechanisms that, if streamlined, can improve climate change adaptation and disaster risk reduction (Mitchell et al. 2021).

In the Caribbean context, Griffith-Charles (2021) notes that FFPLA offers clear advantages for Caribbean countries, where conventional titling, while preferred, is constrained by limited resources, climate vulnerability, and widespread informal occupation. While some jurisdictions, such as Saint Lucia and Anguilla, achieved near-complete registration through systematic adjudication, others - including Jamaica, Belize, and Trinidad and Tobago - remain reliant on slow, voluntary deed or Torrens systems. Legislative reform has been piecemeal, with Jamaica recently adopting more flexible provisions, but broader application of FFPLA principles such as aerial imagery, recognition of family land, and integration of deed and fiscal cadastres remains underutilised.

4 METHODOLOGY

This paper details the results of a pilot study conducted in the Toledo District that forms part of a broader mixed-methods investigation that is currently ongoing. The primary purpose of the pilot was not to generate statistically representative findings, but rather to test the reliability and clarity of the survey instrument and provide baseline descriptive data to complement the qualitative analysis. The decision to conduct a pilot study first was taken due to the practical challenges of conducting fieldwork. The demarcation issue is currently a very contentious one and a more cautious approach was required to mitigate issues of access, trust, and logistical constraints. The broader study will utilise an Explanatory Sequential Design as outlined in Creswell (2022), in which quantitative data is first collected and analysed and the results are strengthened and explained in more detail with qualitative research.

Pilot study design

For this study four Maya villages in the Toledo District were selected to examine how village size and existing documentation within the national land administration system influence attitudes toward communal tenure and state recognition. The selection includes two larger villages (San Antonio and Big Falls), and two smaller ones (Laguana and Santa Cruz)

The larger villages - San Antonio and Big Falls - have, over time, incorporated more parcels into the titling system through purchase, government grants, inheritance, or regularisation. In these areas, more households already possess state-recognised title documents, which are sometimes used as collateral for credit. This tends to reinforce a perception of tenure security under the national system. It was anticipated that these villages would show a greater degree of tenure security as formal land titles can increase both the collateral value of land and the likelihood of accessing formal credit, although these effects are shaped by local conditions (Field and Torero 2006).

The smaller villages - Laguna and Santa Cruz - report fewer parcels documented within the national system and show stronger reliance on community-based governance. In these contexts, formal recognition of communal land is often viewed as a way to convert long-standing social legitimacy into legal certainty. This approach aligns with international guidance on recognising customary tenure and delivering land administration that is fit for purpose in areas with limited formal documentation (FAO 2012). The split across village sizes was therefore intended to capture variation in both documentation status and the expected benefits or risks associated with communal tenure systems.

Purposive sampling was then used to select respondents who reflect a balanced cross-section by age group, gender and household role. The goal was to capture how perceptions of land security and legitimacy vary across different demographic groups. A total of 52 interviews were conducted, with 15 in each village, with the exception of Laguna in which 7 samples were taken. Figure 3 below shows the case study area in the Toledo district.

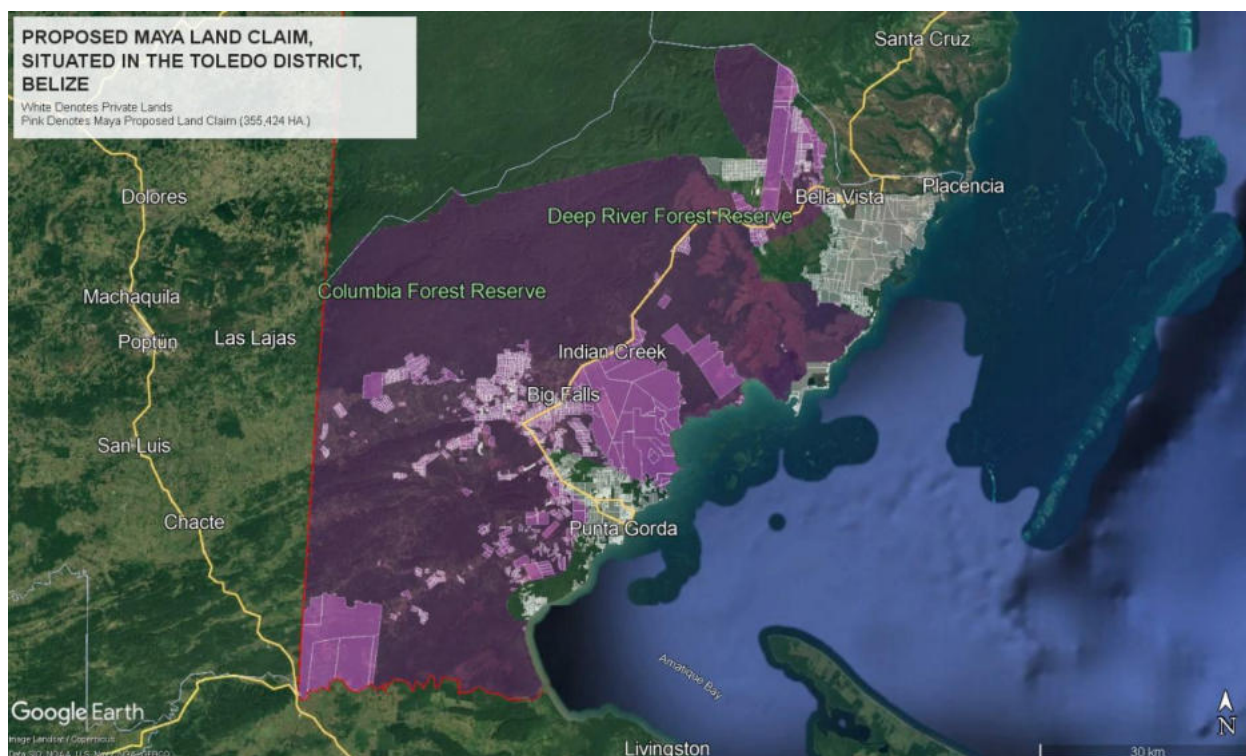


Figure 3. Case study area shown in purple. (Source: Land Information Centre, Ministry of Natural Resources, Government of Belize)

Survey instrument details

A systematic questionnaire was designed to capture the demographic, legal, and sociopolitical aspects of Maya land tenure in Belize for this pilot study. There were six sections on the instrument. Demographic data, such as gender, age, Maya ethnicity, household role, and generational links to land, were covered first, followed by perceptions on legal recognition, documentation, protection, economic usage, cultural practice, and intergenerational transfer of rights. These were used to gauge subjective tenure security. The final sections covered land governance within the alcalde system and details pertaining to land conflicts and dispute resolution. The respondents were also asked about their future aspirations, such as priorities for reform, collaboration with government, and support for the creation of a Maya Land Authority.

5 RESULTS AND ANALYSIS

The findings presented in this section derive from the pilot quantitative survey described earlier. As a pilot study, the results are interpreted as indicative rather than representative of the wider Maya population. In the following sections, preliminary descriptive insights are presented from the findings of the survey.

Demographic profile

Of the 52 respondents, 23 were male and 29 were female. While the count is skewed towards female participants, it is felt that women’s land tenure perceptions are particularly noteworthy, and this spread can still achieve a balanced view. In terms of ethnicity, the majority were *Mopan* (31) or *Q’eqchi’* (16), while 4 were of mixed-Maya descent and 1 was Hispanic. Figure 4 below shows the age range of respondents, with the majority being between 26-55 years old.

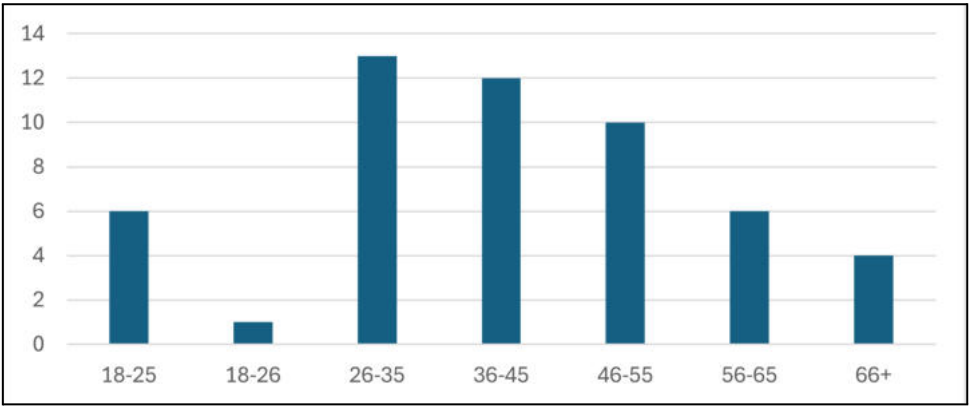


Figure 4. Age of Respondent

In terms of position in household, 29 (56%) were the Head of the household, while 18 (35%) were the spouse of the Head; the others (5) were adult children.

Land tenure

Current tenure arrangements

As duration of occupation is a significant contributor to subjective tenure security, respondents were asked how long they have lived on the land. Table 1 below shows the spread of data, disaggregated based on the position of the respondent in the household. The majority (circa 63%) have lived on the land for over 31 years, and 60% of them were the Head of the household. This factor is significant as it demonstrates the reliability of the responses received as they were predominantly from authoritative household heads who lived on the land for many years.

Table 1. Number of years the respondent lived on the land

	Duration on Land				
	0-5	16-30	6-15	Over 31	Total
Position in household					
Adult Child		3		1	4
Head	2	6	1	20	29
Spouse	1	1	4	12	18
Other	1				1

Total	4 (8%)	10 (20%)	5 (9%)	33 (63%)	52

Respondents were asked how they acquired an interest in land, and their responses are summarised in Figure 5 below. The data shows that 37% of the respondents inherited their lands while 29% occupied by virtue of communal ownership. A small, but important finding is that 4 of the respondents indicated that the land was allocated to them by the village council.

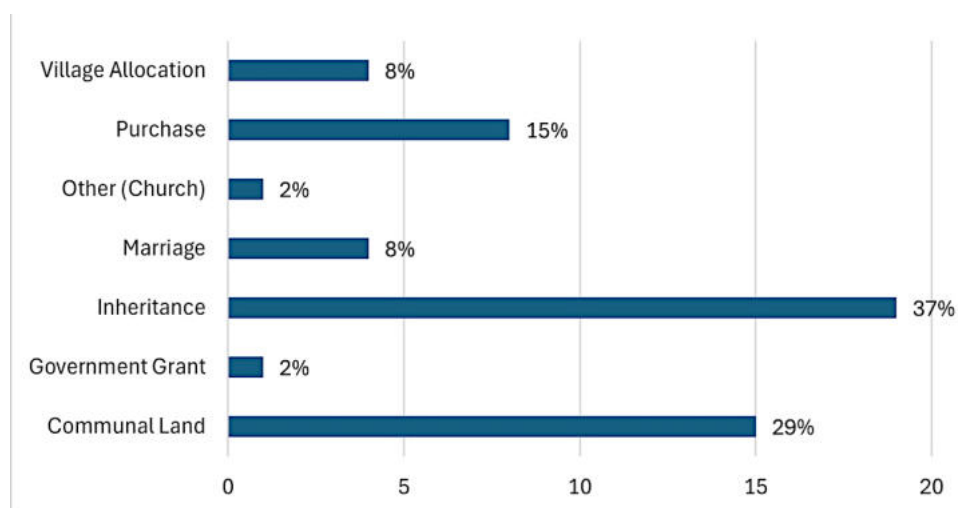


Figure 5. Origin of land rights

Perceptions of tenure security

A Likert scale was used to evaluate perceptions of tenure security, and the results are summarised in Table 2 below.

Table 2 - Perceptions of tenure security

Perception	Strongly Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly Agree
My land rights are legally recognized by the government	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3 (5.8%)	13 (25.0%)	36 (69.2%)
I have adequate documentation	1 (1.9%)	22 (42.3%)	3 (5.8%)	4 (7.7%)	22 (42.3%)
Officials respect my claims	0 (0.0%)	1 (1.9%)	3 (5.8%)	20 (38.5%)	28 (53.8%)
Court rulings protect my land	0 (0.0%)	1 (1.9%)	6 (11.5%)	20 (38.5%)	25 (48.1%)
My fellow villagers support my claims	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (1.9%)	15 (28.8%)	36 (69.2%)
No one can evict me from my land	0 (0.0%)	1 (2.0%)	1 (2.0%)	0 (0.0%)	49 (96.1%)
I can use land as collateral for a loan	2 (3.8%)	26 (50.0%)	5 (9.6%)	2 (3.8%)	17 (32.7%)
I get income from my land	1 (1.9%)	24 (46.2%)	7 (13.5%)	12 (23.1%)	8 (15.4%)
I can practice my spiritual and cultural practices on my land	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	9 (17.3%)	43 (82.7%)
The land will remain in my family, and my children will inherit	1 (1.9%)	0 (0.0%)	1 (1.9%)	1 (1.9%)	49 (94.2%)

Any conflict is likely to be resolved in the near future	1 (2.0%)	1 (2.0%)	0 (0.0%)	13 (25.5%)	36 (70.6%)

The responses show variation across the different indicators of tenure security, but some consistent patterns emerge. Firstly, most respondents had high faith in inheritance and community assistance. Most of them agreed or strongly agreed that their family will continue to own the property for many generations to come and that their other villagers respect their claims. This supports research showing that, rather than formal documentation, high social legitimacy and intergenerational continuity frequently serve as the foundation for customary tenure systems (Cousins 2007; Mushinge and Mulenga 2016; Sunil Laloo and Charisse Griffith-Charles 2014).

In contrast, perceptions regarding legal and state-sanctioned occupation showed more diversity. While a subset of respondents perceived their rights as being recognised and safeguarded by judicial entities, a notable portion articulated neutrality or dissent on these matters. The comparatively low levels of consensus concerning the possession of documents to support title and the capacity to utilize land as collateral imply that objective mechanisms of tenure security are not yet extensively accessible or regarded with trust within these communities. This observation is consistent with previous scholarly inquiries that highlight the limited reach of the national land administration framework, which impedes households' capacity to utilize land for credit purposes or to obtain protection via state institutions (Deininger and Goyal 2023; Rachael S. Knight 2010).

It is noteworthy that a substantial proportion of respondents (over 90%) disagreed with the proposition that they can be ejected from the land. This assertion may be indicative of both historical contentions with governmental land policies and current conflicts. The fact that the occupants remain on the land despite aggressive and somewhat acrimonious actions by the State, gives them confidence that their land rights may be sacrosanct. Concurrently, the findings reveal a more pronounced consensus regarding the capacity to engage in cultural and spiritual practices on their land, implying that land continues to embody its identity as a cultural and spiritual asset, notwithstanding the potential lack of legal safeguards.

Regarding conflict within the customary system, more than 95% of respondents expressed agreement or strong agreement that they expect any conflict to be resolved in the near future. This finding challenges the typical beliefs that indigenous or customary systems face difficulties in providing certainty in conflict resolution. Rather, the results highlight the strength and perceived validity of local mechanisms.

Collectively, these trends underscore a dual reality. On one side, traditional legitimacy and communal acknowledgment continue to serve as robust foundations of tenure security, instilling in households a sense of assurance regarding inheritance, utilisation, and societal acceptance of their land rights. Conversely, state acknowledgment and documentation remain tenuous and contentious, thereby constraining the degree to which land may be leveraged as a financial or legal asset.

Governance, decision making, and conflict resolution

The results of this segment of the study emphasised the strong legitimacy of communal decision-making within the customary system. The majority of respondents (63.5%) indicated that land allocation authority is shared between the Alcalde and the Village Council, while

30.8% identified the Village Council alone. This finding is an interesting one as the Alcalde is recognised by the State as a singular authority, yet most respondents felt that the Village Councils hold the ultimate power either inter se or alongside the Alcalde. Perceptions of the effectiveness of the Alcalde system in managing land issues are notably divided and shown in Figure 6 below.

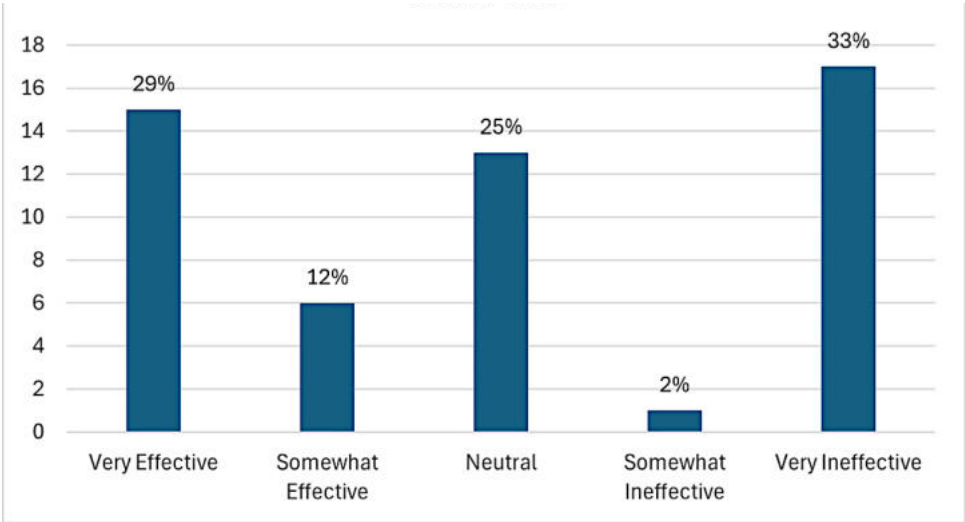


Figure 6. Perceptions of the effectiveness of the Alcalde system

While 40.3% of respondents rated the system as very or somewhat effective, as much as 34.6% considered it either somewhat or very ineffective. The sizeable neutral group (25.0%) suggests ambivalence or possibly differing experiences across communities. This polarization may reflect tensions between customary governance and external pressures, including state interventions and land disputes.

Support for the official acknowledgment of the Alcalde system within national legislation is noteworthy. Approximately 73.1% of those surveyed showed support (either strongly or somewhat), with half expressing strong endorsement for recognition. This indicates a clear intention to formalize customary governance and ensure its integration within the national legal system, aligning with requests in the Maya Leaders Alliance litigation for state recognition of communal land rights.

Results on decision-making mechanisms further validate the importance of collective governance. A significant 94% indicated that key land decisions are made during community gatherings, emphasising the importance of communal discussion and agreement. A mere handful of respondents indicated dependence on the Alcalde alone (2%) or on government mandates (4%). This underscores that Maya land tenure is rooted in participatory governance, where authority is derived from the community rather than from a centralised power.

State engagement with Maya villages on land governance has been limited. Most respondents (61.5%) indicated that the government had not visited their village in the past five years to address land registration, while an even larger share (82.7%) reported no involvement in land demarcation. This suggests that land adjudication and registration schemes for securing tenure remain largely absent, reinforcing the continued reliance on customary practices. Interestingly, perceptions of government action toward Maya rights implementation were

divided almost equally, with 48.1% acknowledging some initiatives and 51.9% indicating none.

Of all respondents surveyed, only 3 indicated that they experienced conflicts within the last 10 years and each of them had a different mechanism for dispute resolution (Court, family mediation, alcalde mediation). Even though this may appear to suggest that disputes are rare, it is possible and likely that respondents may have felt anxious about sharing information pertaining to land disputes. This pilot study may therefore not be sufficient to draw conclusions on this point.

Formalisation and future aspirations

When asked who should hold title should a regularisation process be completed, a slight majority (55.8%) favoured individual (private) ownership, while 40.4% preferred village council control. This could be indicative of a desire to benefit from individualised holdings that can be vested or held as loan collateral.

Respondents were asked about any concerns they may have if the government were to systematically formalise their lands into the national legal framework. The main concern expressed by more than half the respondents was the erosion of cultural traditions. A related but distinct fear is the loss of community control (40.4%), which alludes to apprehension about undermining customary governance and collective rights. Other concerns include increased taxation (19.2%), greater government control (11.5%), and new restrictions on land use (5.8%). These responses suggest that respondents anticipate formalisation will lead to burdensome state intervention and reduced flexibility in how land is managed. Notably, 26.9% of respondents indicated no concern with formalisation, suggesting that while many fear negative impacts, there is a significant minority that either trusts the process or sees potential benefits.

In presenting the hypothetical scenario of a government-led participatory process to support Maya land rights, a majority (59.6%) preferred collaboration with the state through the Alcalde or Village Council rather than through direct negotiations between the government and individual households. Respondents indicated strong support (over 73%) for the creation of a Maya Land Authority as a central governing body on land rights. When asked about the most important support needed, respondents placed the greatest emphasis on education and economic development, while also calling for international support and cultural preservation.

6 FIT-FOR-PURPOSE LAND ADMINISTRATION

The recognition of indigenous Maya lands in Belize provides a unique opportunity to apply principles of Fit-for-Purpose Land Administration (FFPLA) within an internationally standardised data model. FFPLA, as advanced by Enemark and others, emphasizes that land administration systems should be designed to meet the needs of all citizens, and built in ways that are flexible, inclusive, affordable, and upgradeable over time (Enemark 2015). These principles are particularly relevant in the Maya context, where security of tenure must be rapidly delivered to communities, especially in light of the ongoing boundary conflict.

Modelling Maya land tenure in the LADM

To operationalize FFPLA in Belize, this study proposes an LADM-compatible model (ISO 19152:2012; Edition II 2024/2025) as the technical framework. The core LADM classes - LA_Party, LA_RRR, LA_BAUnit, and LA_SpatialUnit – must be flexible to capture both statutory and customary land relations. Table 3 shows a summary of the LADM feature classes in the FFPLA model.

LA_Party records individual rights holders, such as occupants and the Alcalde, but can also represent collectives such as Village Councils.

LA_RRR (Rights, Restrictions, Responsibilities) enables the registration of communal possession, usufruct rights, secondary use rights, and internal allocation rules alongside the dual titling and old-law system in Belize.

LA_BAUnit (Basic Administrative Unit) groups rights and parties into administrative entities, allowing each village to be treated as a BAUnit for communal holdings, while individual family allocations can be nested within.

LA_SpatialUnit captures the physical extent of land through polygons or sketch maps, which may initially be defined using participatory mapping and aerial imagery, and later upgraded with higher-accuracy surveys.

Accessibility

For the Land Administration system to be effective, land information must be usable by communities themselves, not only by state agencies. In FFPLA projects globally, accessibility is often ensured through low-cost, decentralized data platforms combined with community validation (Lengoiboni et al. 2021; Musinguzi et al. 2021). In the Belizean case, data can be stored in a central repository but accessed via:

- Village-level records maintained by Alcaldes or village councils, using printed sketch maps and ledgers derived from the LADM database.
- Digital platforms with role-based access, allowing communities to query boundaries, rights, and restrictions.
- Mobile tools for participatory updates, enabling communities to document inheritance, transfers, or dispute resolutions on-site.
- This dual approach ensures that information is both formally recognized by the state and locally meaningful to citizens.

Table 3. LADM Model for Maya land tenure

FFPLA Framework		
Component	Description	LADM Class / Package
Spatial	Flexible spatial units, visible boundaries, community mapping	LA_SpatialUnit, Survey Package (Part 2)
Legal	Recognition of all tenure types (customary, statutory, informal)	LA_RRR, LA_BAUnit
Institutional	Fit-for-purpose allocation of responsibilities across levels	LA_Party, LA_AdministrativeSource
Inclusivity & Participation	Participatory adjudication, community verification, gender equity	LA_Party, LA_Source
Affordability & Flexibility	Low-cost, pragmatic processes that can be adapted	LA_SpatialUnit with quality attributes

Upgradeability & Maintenance	Records and data structures designed for incremental upgrades	Versioning in LA_BAUnit & LA_RRR; Source lineage

Integration with Belize’s existing system

The model proposed here favours integration through interoperability rather than a separate parallel system. By using LADM, communal lands can be registered as a distinct tenure type within the national land information infrastructure. This avoids the pitfalls of creating siloed records, while still preserving the legal distinctiveness of Maya tenure. Importantly, Edition II of LADM allows modular adoption, meaning Belize can initially implement only the classes needed for communal recognition and later expand to other domains (Kara et al. 2024; Ahsan et al. 2024).

Consistent with critiques of conventional titling, recent FFPLA literature stresses the importance of participatory adjudication and mapping (Lengoiboni et al. 2021; Griffith-Charles 2021; Enemark et al. 2021). In the Belizean case, adjudication should be carried out by the Village Councils under the Alcalde system, with oversight from Maya Leaders Alliance and national authorities. This ensures political feasibility by grounding the process in existing customary governance while linking outcomes to statutory recognition. Experiences from Uganda, where pilot projects were scaled into a national FFPLA strategy, show that pilots must be consolidated into a unified framework to avoid fragmentation (Musinguzi et al. 2021). Belize can draw directly from this lesson.

7 CONCLUSION

A careful review of the responses from the participants of this study concludes that recognition and operationalisation of Maya land tenure in Belize requires more than judicial rulings; it demands technical and institutional frameworks that can integrate communal practices into the national cadastre and land administration system. The survey findings confirm that while tenure security is deeply rooted in social legitimacy, the absence of State-endorsed instruments continues to limit broader benefits of land tenure security. By aligning customary governance with Fit-for-Purpose Land Administration principles, a pathway can be drawn that is inclusive and responsive to Maya indigenous traditions and modern land registration.

The proposed model underscores that accessibility, affordability, and upgradeability are not abstract ideals but practical necessities for indigenous communities facing ongoing encroachment and climate risks. Integrating Maya communal lands into Belize’s cadastral infrastructure through an LADM-based, interoperable framework can facilitate legal pluralism without eroding existing rights. More importantly, participatory adjudication, village-level data maintenance, and recognition of the Alcalde system position communities as co-stewards of land governance rather than passive beneficiaries. In this regard, the model aids not only in securing tenure but also in enhancing climate resilience, preserving culture, and fostering equitable development - goals that are pivotal to both the Maya people and Belizean government.

REFERENCES

- Ahsan, Muhammad Sheraz, Ejaz Hussain, Christiaan Lemmen, et al. 2024. "Applying the Land Administration Domain Model (LADM) for Integrated, Standardized, and Sustainable Development of Cadastre Country Profile for Pakistan." *Land* 13 (6): 883. <https://doi.org/10.3390/land13060883>.
- Alden Wily, Liz. 2012. *Customary Land Tenure in the Modern World - Rights to Resources in Crisis*. Reviewing the Fate of Customary Tenure in Africa - Brief #1 of 5, edited by Rights and Resources Initiative.
- Alden Wily, Liz. 2017. "Customary Tenure: Remaking Property for the 21st Century." In *Comparative Property Law*, by Michele Graziadei and Lionel Smith. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781785369162.00030>.
- Anaya, S. James. 1998. "Maya Aboriginal Land and Resource Rights and the Conflict over Logging in Southern Belize." *Yale Hum. Rts. & Dev. LJ* 1: 17.
- Ardi Shidiq, Razin, and M. Sofyan Pulungan. 2025. "Alternative Dispute Resolution for Customary Land Through Customary Courts." *Asian Journal of Engineering, Social and Health* 4 (1): 152–62. <https://doi.org/10.46799/ajesh.v4i1.517>.
- Barnes, Grenville, and Stig Enemark. 2020. "Land Tenure Security: An Essential Component of Responsible Land Administration." *FIG Working Week 2020: Smart Surveyors for Land and Water Management*.
- Bolland, O. Nigel. 2003. *Colonialism and Resistance in Belize: Essays in Historical Sociology*. University of the West Indies Press.
- Bonte, Yesyurun. 2024. "Legal Protection of The Customary Rights of The Pubabu-Besipae Indigenous People." *Jurnal Indonesia Sosial Sains* 5 (06): 1332–39. <https://doi.org/10.59141/jiss.v5i06.1139>.
- Chege Waiganjo, and Paul E. N. Ngugi. 2001. "The Effect of Existing Land Tenure Systems on Land Use in Kenya." International Conference on Spatial Information for Sustainable Development, Nairobi, October 2.
- Clark, Charles. 2000. "State Leasehold and Mayan Customary Cultivation Rights in Belize." *Society & Natural Resources* 13 (1): 15–32. <https://doi.org/10.1080/089419200279216>.
- Cotula, Lorenzo, and Jean-Pierre Chauveau. 2007. *Changes in Customary Land Tenure Systems in Africa*. Iied - FAO.
- Cousins, Ben. 2007. "More than Socially Embedded: The Distinctive Character of 'Communal Tenure' Regimes in South Africa and Its Implications for Land Policy." *Journal of Agrarian Change* 7 (3): 281–315.
- Creswell, John W. 2022. *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*. Second edition. SAGE.
- Deininger, Klaus, and Aparajita Goyal. 2023. *Land Institutions to Address New Challenges in Africa: Implications for the World Bank's Land Policy*. World Bank, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-10389>.
- Delville, Philippe Lavigne. 2014. *Competing Conceptions of Customary Land Rights Registration (Rural Land Maps PFRs in Benin): Methodological, Policy and Policy Issues*.

- Edwin, David Asante, Evam Kofi Glover, and Edinam K. Glover. 2020. "When Tradition Meets Modernity in Land Registration: Evidence from Dagbon, Ghana." *Land* 9 (11): 416. <https://doi.org/10.3390/land9110416>.
- Ekern, Stener. 2011. "The Production of Autonomy: Leadership and Community in Mayan Guatemala." *Journal of Latin American Studies* 43 (1): 93–119. <https://doi.org/10.1017/S0022216X1000180X>.
- ELAW. 2025. "The Maya Leaders Alliance v. The Attorney General of Belize." Environmental Law Alliance Worldwide. <https://elaw.org/resource/maya-leaders-alliance-v-attorney-general-belize-1>.
- Enemark, Stig. 2015. "Fit-For-Purpose Land Administration: In Support of the Post 2015 Global Agenda." *Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2015: Linking Land Tenure and Use for Shared Prosperity*, 323.
- Enemark, Stig, Robin McLaren, and Christiaan Lemmen. 2021. "Fit-for-Purpose Land Administration—Providing Secure Land Rights at Scale." *Land* 10 (9): 972. <https://doi.org/10.3390/land10090972>.
- FAO. 2012. *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security*. First Revision. FAO. <https://doi.org/10.4060/i2801e>.
- Farran, Sue, and Jennifer Corrin. 2017. "Developing Legislation to Formalise Customary Land Management: Deep Legal Pluralism or a Shallow Veneer?" *Law and Development Review* 10 (1): 1–27. <https://doi.org/10.1515/ldr-2016-0017>.
- Field, Erica, and Maximo Torero. 2006. *Do Property Titles Increase Credit Access among the Urban Poor? Evidence from a Nationwide Titling Program*. Working paper, Department of Economics, Harvard University, Cambridge, MA.
- Fonmanu, Keresi R., Lisa Ting, and Ian P. Williamson. 2003. "DISPUTE RESOLUTION FOR CUSTOMARY LANDS: SOME LESSONS FROM FIJI." *Survey Review* 37 (289): 177–89. <https://doi.org/10.1179/sre.2003.37.289.177>.
- Frazer, Leonel. 2025. "Maya Land Rights in Belize: Governing Ancestral Territories." Unpublished Undergraduate Thesis, The University of the West Indies.
- Gahman, Levi, Adaeze Greenidge, and Atiyah Mohamed. 2020. "Plunder via Violation of FPIC: Land Grabbing, State Negligence, and Pathways to Peace in Central America and the Caribbean." *Journal of Peacebuilding & Development* 15 (3): 372–76. <https://doi.org/10.1177/1542316620951278>.
- Griffith-Charles, Charisse. 2021. "Application of FFPLA to Achieve Economically Beneficial Outcomes Post Disaster in the Caribbean." *Land* 10 (5): 475. <https://doi.org/10.3390/land10050475>.
- Herrera, José Israel. 2011. "Unveiling the Face of Diversity: Interlegality and Legal Pluralism in the Mayan Area of the Yucatan Peninsula." Doctoral Dissertation, University of Amsterdam. https://pure.uva.nl/ws/files/1514000/91990_05.pdf.
- Hoffmann, Odile. 2015. "Políticas Territoriales y Exclusiones Étnicas En Belice: Un Siglo de Transformaciones En Tierras Maya." *Revista de Estudios e Pesquisas Sobre as Américas* 9 (3): 5–19.
- Hyde, Colin. 2021. "Time to Demarcate Mayan Lands." *Amandala Newspaper*, June 19. <https://amandala.com.bz/news/time-to-demarcate-mayan-lands/>.

- Hyde, Richard F. 1991. "The Feasibility of a Land Information System for Belize, Central America." *International Journal of Geographical Information Systems* 5 (1): 99–109. <https://doi.org/10.1080/02693799108927834>.
- Kara, Abdullah, Christiaan Lemmen, Peter Van Oosterom, Eftychia Kalogianni, Abdullah Alattas, and Agung Indrajit. 2024. "Design of the New Structure and Capabilities of LADM Edition II Including 3D Aspects." *Land Use Policy* 137 (February): 107003. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.107003>.
- Kus, Roberto, Levi Gahman, Adaeze Greenidge, Filiberto Penados, and Shelda-Jane Smith. 2023. "Snapshots of Maya Self-Determination in Southern Belize: For Q'eqchi' and Mopan Communities of Toledo District, Resisting Land Grabs and Stewarding the Commons Are Central to Struggles to Protect Territory, Heritage, and Collective Ways of Being." *NACLA Report on the Americas* 55 (3): 294–304. <https://doi.org/10.1080/10714839.2023.2247761>.
- Law of Property Act, Cap 190 (2000).
- Lemmen, Christiaan, J Du Plessis, C Augustinus, et al. 2015. "The Operationalisation of the 'Continuum of Land Rights' at Country Level." 1–27.
- Lengoiboni, Monica, Christine Richter, Paul Van Asperen, and Jaap Zevenbergen. 2021. "Initial Insights on Land Adjudication in a Fit-for-Purpose Land Administration." *Land* 10 (4): 414. <https://doi.org/10.3390/land10040414>.
- Maya Leaders Alliance. 2018. *Update Report to the Human Rights Committee of the ICCPR for the 124th Session Review of Belize*. Centre for Civil and Political Rights. [https://ccprcentre.org/files/documents/INT_CCPR_CSS_BLZ_32402_E_\(1\).pdf](https://ccprcentre.org/files/documents/INT_CCPR_CSS_BLZ_32402_E_(1).pdf).
- Meaghan M. Peuramaki-Brown and Shawn G. Morton. 2021. *People, Animals, Protected Places, and Archaeology: A Complex Collaboration in Belize*. Edited by Boyd Cothran, Saara Kekki, and Rani-Henrik Andersson. Helsinki University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv26qjj3b.10>.
- Medina, Laurie Kroshus. 2016. "The Production of Indigenous Land Rights: Judicial Decisions across National, Regional, and Global Scales." *PoLAR: Political and Legal Anthropology Review* 39 (S1): 139–53. <https://doi.org/10.1111/plar.12176>.
- Mekking, Steven, Dossa Victorien Kougblenou, and Fabrice Gilles Kossou. 2021. "Fit-For-Purpose Upscaling Land Administration—A Case Study from Benin." *Land* 10 (5): 440. <https://doi.org/10.3390/land10050440>.
- Minority Rights Group. 2016. "Belize: Advocating Maya People's Rights to Land." Blog, November 22. <https://minorityrights.org/belize-advocating-maya-peoples-rights-to-land/>.
- Mitchell, David, Bernhard Barth, Serene Ho, M. Sait, and Darryn McEvoy. 2021. "The Benefits of Fit-for-Purpose Land Administration for Urban Community Resilience in a Time of Climate Change and COVID-19 Pandemic." *Land* 10 (6): 563. <https://doi.org/10.3390/land10060563>.
- Moberg, Mark. 1992. "Continuity under Colonial Rule: The Alcalde System and the Garifuna in Belize, 1858-1969." *Ethnohistory* 39 (1): 1. <https://doi.org/10.2307/482562>.
- Mushinge, Anthony, and Sharon Mulenga. 2016. "Legal Pluralism and Tenure Security: Exploring the Relationship between Statutory and Customary Land Tenure in Zambia." *International Journal of Social Science Studies* 4 (3): 7–17. <https://doi.org/10.11114/ijsss.v4i3.1331>.

- Musinguzi, Moses, Stig Enemark, and Simon Peter Mwesigye. 2021. "Fit for Purpose Land Administration: Country Implementation Strategy for Addressing Uganda's Land Tenure Security Problems." *Land* 10 (6): 629. <https://doi.org/10.3390/land10060629>.
- Nettheim, Garth. 2007. "'The Maya Land Rights Case': Recognition of Native Title in Belize." *Indigenous Law Bulletin* 7 (2): 25–26.
- Owusu, Sampson, and David Simmons. 2021. *Commonwealth Caribbean Land Law*. 1st ed. Routledge-Cavendish. <https://doi.org/10.4324/9781003070665>.
- Parks, Shoshaunna. 2011. "Winning Title to Land but Not to Its Past: The Toledo Maya and Sites of Pre-Hispanic Heritage." *International Journal of Cultural Property* 18 (1): 111–29. <https://doi.org/10.1017/S0940739111000063>.
- Rachael S. Knight. 2010. *Statutory Recognition of Customary Land Rights in Africa: An Investigation into Best Practices for Law Making and Implementation*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (UN-FAO).
- Registered Land Act, Cap 190 (2020).
- Schulman, Sam. 1957. "Land Tenure among the Aborigines of Latin America." *The Americas* 13 (1): 43–67. <https://doi.org/10.2307/979213>.
- Sieder, Rachel, and Jessica Witchell. 2001. "Advancing Indigenous Claims through the Law: Reflections on the Guatemalan Peace Process." In *Culture and Rights*, 1st ed., edited by Jane K. Cowan, Marie-Bénédicte Dembour, and Richard A. Wilson. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804687.012>.
- Sunil Laloo, and Charisse Griffith-Charles. 2014. "Designing a Registration System to Support Family Land Governance in the Caribbean." The World Bank's Land and Poverty Conference 2013, Washington DC, April 8.
- The Maya Leaders Alliance et al v. Attorney General of Belize, BZ 2015 CCJ 3 ____ (Caribbean Court of Justice (CCJ) 2015). https://elaw.org/wp-content/uploads/archive/bz.mayaleaders_0.pdf.
- Unruh, Jon D. 2003. "Land Tenure and Legal Pluralism in the Peace Process." *Peace & Change* 28 (3): 352–77. <https://doi.org/10.1111/1468-0130.00267>.
- Vieira, Luciane Klein, and Marcelo Andrade De Azambuja. 2020. "Maya Leaders Alliance & Others V. The Attorney General of Belize: An Example of Decolonization of International Human Rights Law." *Caderno de Relações Internacionais* 11 (21). <https://doi.org/10.22293/2179-1376.v11i21.1346>.
- Wainwright, Joel. 2022. "The Maya and the Belizean State: 1997-2004." *Latin American and Caribbean Ethnic Studies* 17 (3): 320–49. <https://doi.org/10.1080/17442222.2021.1935694>.

BIOGRAPHICAL NOTES

Dr Sunil Laloo B.Sc. (hons); LLB (hons), LLM, PhD (UWI) is a Chartered Surveyor and Fellow of the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). He is currently a full-time Lecturer in the Department of Geomatics Engineering and Land Management, UWI; a part time Valuation Consultant at G.A. Farrell and Associates Limited, and an Attorney-at-Law. He is Chair of the Southern Caribbean Chapter of the RICS and the Trinidad and Tobago Delegate for Commission 9 (Valuation and the Management of Real Estate) of the International Federation of Surveyors (FIG). He specialises in the valuation of commercial

and special purpose properties and has conducted research in the areas of Land Tenure, Land Administration, and Property Valuation.

Dr Charisse Griffith-Charles Cert. Ed. (UBC), MPhil. (UWI), PhD (UF), FRICS, is a Senior Researcher in the fields of land registration systems, land administration, and communal tenure especially ‘family land’. She places importance on professional membership and is a Fellow of the Royal Institution of Chartered Surveyors (FRICS) and member of the Institute of Surveyors of Trinidad and Tobago (ISTT). She has also been President of the ISTT, President of the Commonwealth Association of Surveying and Land Economy (CASLE) Atlantic Region, and President of the Fulbright Alumni Association of Trinidad and Tobago (FAATT). Dr Griffith-Charles has served as consultant and conducted research on, inter alia, projects to revise land survey legislation in Trinidad and Tobago, assess the impact and sustainability of land titling in St. Lucia, address tenure issues in regularising informal occupants of land, and to assess the socio-economic impact of land adjudication and registration in Trinidad and Tobago, apply the STDM to the eastern Caribbean countries, and document land policy in the Caribbean. Her publications focus on land registration systems, land administration, cadastral systems, and land tenure.

Mr. Leonel Frazer is a seasoned geomatics professional with nearly two decades of experience in Belize’s Surveys and Mapping Section, Ministry of Natural Resources. His technical work includes cadastral and engineering surveys, along with other technical land matters in support of national development. He recently completed a BSc in Geomatics Engineering, graduating at the top of his programme with First Class Honours, and is currently pursuing an MSc in City Planning and Real Estate Development at the University of Glasgow in Scotland. He is undertaking this postgraduate study to contribute in a more impactful capacity to the government of Belize. His research focuses on the Maya communal land issue in southern Belize, a complex and unresolved matter with major implications for land governance, tenure security, and economic development. Drawing on his field experience and academic training, he is committed to advancing equitable and fit-for-purpose frameworks that can address both indigenous rights and national development goals.

CONTACT

Sunil Laloo (Corresponding Author)
The University of the West Indies, St. Augustine Campus
Trinidad and Tobago
Phone: + 1(868) 336-3245
E-mail: Sunil.Laloo@uwi.edu
Website: <https://sta.uwi.edu/eng/geomatics/>

RRCM e tolerâncias 3D: análise da norma técnica NBR14166/2022

Ivandro KLEIN, Rovane Marcos de FRANÇA, Adolfo Lino de ARAÚJO, Flavio BOSCATTO, Brasil

Key words: RRCM, Cadastro territorial, Posicionamento 3D, GNSS, NBR14166

SUMMARY

The article analyzes the Municipal Cadastral Reference Network (RRCM) in light of the technical standard NBR14166/2022. The RRCM is essential for land management, tax collection, urban planning, and land regularization, serving as the geometric basis to ensure legal security and administrative efficiency. The updated standard defined the maximum tolerance for three-dimensional (3D) closure errors of GNSS baseline polygons as $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. However, the theoretical error propagation study, considering the nominal precision of post-processed static relative positioning, as well as centering and instrument height measurement errors, indicates that this criterion is overly strict, and an alternative tolerance of $\pm(30 \text{ mm} + 2.5 \text{ ppm})$ is proposed. The empirical analysis was carried out in the RRCM of Joinville/SC, one of the first to be implemented under NBR14166/2022 standards. Of the 28 polygons evaluated, 39% exceeded the defined tolerance, which required re-surveying 84% of the GNSS vectors until the criterion was fully met, significantly increasing costs and execution time. In contrast, with the proposed tolerance of $\pm(30 \text{ mm} + 2.5 \text{ ppm})$, only 7% of the polygons would exceed the limit, with deviations of no more than 3 millimeters. Thus, it is concluded that the tolerance established by NBR14166/2022 is only feasible in ideal situations with forced-centering devices, which are hardly practical in urban areas. Therefore, the adoption of the newly proposed criterion is recommended, as it better reflects practical reality while ensuring adequate accuracy and greater efficiency in implementing RRCMs.

RESUMO

O artigo analisa a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) à luz da norma técnica NBR14166/2022. A RRCM é essencial para a gestão fundiária, arrecadação de tributos, planejamento urbano e regularização de terras, sendo a base geométrica para garantir segurança jurídica e eficiência administrativa. A norma atualizada definiu como tolerância máxima para erros de fechamento tridimensionais (3D) de polígonos formados por vetores GNSS o valor de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Contudo, o estudo teórico de propagação de erros, considerando a precisão nominal do posicionamento relativo estático pós processado e erros de centragem e medição da altura do instrumento, indica que tal critério é rigoroso, propondo-se o valor alternativo de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$. A análise empírica foi conduzida na RRCM de Joinville/SC, uma das primeiras implantadas conforme a NBR14166/2022. Dos 28 polígonos avaliados, 39% ultrapassaram a tolerância definida, o que exigiu o re-rastreamento de 84% dos vetores GNSS até que este critério fosse plenamente atendido, elevando custos e tempo de execução. Em contrapartida, com a tolerância proposta de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$, apenas 7% dos polígonos excederiam o limite e com desvios de no máximo 3 milímetros. Desta forma, conclui-se que a tolerância estabelecida pela NBR14166/2022 é viável apenas

em situações ideais de centragem forçada, pouco exequíveis em áreas urbanas. Assim, recomenda-se a adoção do novo critério proposto, mais condizente com a realidade prática, garantindo precisão adequada e maior eficiência na implantação de RRCMs.

RRCM e tolerâncias 3D: análise da norma técnica NBR14166/2022

Ivandro KLEIN, Rovane Marcos de FRANÇA, Adolfo Lino de ARAÚJO, Flavio BOSCATTO, Brazil

1. INTRODUÇÃO

A Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) é fundamental para a construção e manutenção de um cadastro territorial preciso e confiável, sendo a base geométrica sobre a qual todas as informações espaciais do município são referenciadas (Cabral et al., 2023). Sua relevância transcende a mera precisão técnica, impactando diretamente a governança fundiária ao fornecer o alicerce para a gestão de imóveis, a arrecadação de tributos, o planejamento urbano e ambiental, e a regularização de terras. Uma RRCM robusta e atualizada garante a segurança jurídica da posse e propriedade, minimiza conflitos de limites, otimiza processos de licenciamento e apoia a tomada de decisões estratégicas que visam o desenvolvimento socioeconômico sustentável da cidade. Ao assegurar a fidedignidade dos dados geoespaciais, a RRCM se torna um pilar para a transparência e a eficiência na administração pública, contribuindo para uma gestão fundiária mais justa e equitativa (Cabral et al., 2020).

No Brasil, os parâmetros técnicos da RRCM são definidos por meio da norma técnica NBR14166/2022 (ABNT, 2022), sendo uma atualização recente da primeira versão publicada em 1998. A NBR14166/1998 não contemplou as necessidades e pouco foi adotada no Brasil, sendo a versão atual exequível e tecnicamente estruturada para os tempos atuais e os aspectos legais da administração de terras 3D. Entretanto, devido à sua recente publicação, ainda são escassos os estudos que abordam de forma aprofundada os parâmetros técnicos da versão atualizada da NBR14166/2022 (Klein et al., 2022), sendo este um dos objetivos deste trabalho.

Neste contexto, na referida norma, para a implantação de vértices superiores da RRCM, que são os primeiros vértices a serem planejados e mensurados na rede, o erro de fechamento 3D dos vetores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) não deve exceder $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Este artigo busca revisar esse critério, tanto por uma tolerância teórica para erros de fechamento 3D definida por propagação de erros quanto por um estudo de caso de uma das RRCM pioneiras no Brasil nos moldes da NBR14166/2022, onde dezenas de vetores GNSS e erros de fechamento 3D de polígonos são apresentados e analisados.

2. TOLERÂNCIA PARA ERROS DE FECHAMENTO 3D DE VETORES GNSS POR PROPAGAÇÃO DE ERROS

Segundo ABNT (2022), o erro de fechamento tridimensional de cada polígono de três lados da rede GNSS deve ser igual ou melhor que $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$, considerando a extensão tridimensional do polígono considerado. A precisão nominal atual do posicionamento relativo estático pós-processado informada por boa parte dos receptores GNSS disponíveis no mercado é da ordem de $2,5 \text{ mm} + 0,1 \text{ ppm}$ na componente horizontal e de $3,5 \text{ mm} + 0,4 \text{ ppm}$ na componente vertical. Outra importante fonte de erro diz respeito ao erro de centragem, cujo valor fornecido por alguns fabricantes é da ordem de 1 mm por metro de altura do

receptor instalado em tripé com base nivelante (Klein & Lima, 2018; França et al., 2024a). Além disso, tem-se ainda o erro de medição da altura do instrumento com trena, cujo valor esperado é da ordem de 1,5 mm.

Os lados (vetores GNSS) de um polígono de três lados devem ser obtidos por duas ou três sessões de rastreamento diferentes, para garantir independência dos vetores GNSS (Monico, 2008; ABNT, 2022). Considerando as precisões nominais do posicionamento relativo estático pós-processado e erros de centragem (ε_c) e de altura do instrumento (ε_a) como $\varepsilon_c = \varepsilon_a = 1,5$ mm, o fechamento de um triângulo cujos vetores GNSS foram obtidos em três sessões de rastreamento distintas tem as seguintes incertezas esperadas (desvios-padrões):

$$\sigma_H = \sqrt{3 \cdot [2 \cdot (1,5 \text{ mm})^2 + (2,5 \text{ mm})^2 + (0,1 \text{ ppm})^2]} = 5,7 \text{ mm} + 0,2 \text{ ppm} \quad (1)$$

$$\sigma_V = \sqrt{3 \cdot [2 \cdot (1,5 \text{ mm})^2 + (3,5 \text{ mm})^2 + (0,4 \text{ ppm})^2]} = 7,1 \text{ mm} + 0,7 \text{ ppm} \quad (2)$$

onde σ_H é o desvio-padrão na componente horizontal e σ_V é o desvio-padrão na componente vertical. Considerando a incerteza esperada da resultante tridimensional (3D), tem-se:

$$\sigma_{3D} = \sqrt{\sigma_H^2 + \sigma_V^2} = 9,1 \text{ mm} + 0,7 \text{ ppm} \quad (3)$$

Assumindo que todos os erros envolvidos seguem a distribuição normal e a tolerância usual de três desvios-padrão (“regra dos três sigmas”), relativa a um nível de confiança de $NC = 0,99863$ ($\approx 99,9\%$), o valor de tolerância para os erros de fechamento 3D de vetores GNSS resulta em:

$$T_{3D} = 3 \cdot (9,1 \text{ mm} + 0,7 \text{ ppm}) = 27,2 \text{ mm} + 2,1 \text{ ppm} \quad (4)$$

Destaca-se que há diversas outras fontes de erros envolvidas em aplicações práticas (Monico, 2008). Desta forma, considerando uma margem de segurança, propõe-se aqui o seguinte valor de tolerância para os erros de fechamento 3D de vetores GNSS:

$$T_{3D} = \pm (30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm}) \quad (5)$$

3. EXPERIMENTOS E DISCUSSÕES

Além da análise teórica de propagação de erros, apresenta-se ainda uma análise com dados reais referente a RRCM de Joinville/SC (Figura 1), uma das primeiras RRCM de acordo com

a nova versão da NBR14166/2022 (França et al., 2024b). A análise aqui descrita é referente as primeiras campanhas de rastreo GNSS da referida RRCM.

Analizando a Tabela 1 e a Figura 1a, nota-se que 11 dos 28 polígonos ($\approx 39,3\%$ do total) possuem erros de fechamento 3D excedendo a tolerância de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ da NBR14166/2022. Destaca-se o caso dos polígonos “4”, “10” e “12”, que excedem a referida tolerância mas estão envoltos por polígonos que atendem a tolerância utilizando os mesmos vetores GNSS. Ressalta-se que os referidos vetores GNSS foram aprovados em todos os demais critérios técnicos da NBR14166/2022, inclusive na análise dos resíduos após o ajustamento, reduzindo a probabilidade da hipótese de erros grosseiros (ver ABNT, 2022; Klein et al., 2022).

Analizando a Tabela 1 e a Figura 1b, nota-se que apenas 2 dos 28 polígonos ($\approx 7,1\%$ do total) possuem erros de fechamento excedendo a tolerância proposta de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$. Além disso, os valores excedentes são de no máximo 3 mm, enquanto na tolerância de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ os valores excedentes atingem até 50 mm.

Tabela 1. Resultados numéricos dos experimentos realizados na RRCM em estudo

Polígono	Extensão 3D (km)	Erro 3D (mm)	Tolerância (mm)	Tolerância proposta (mm)
1	12,8	27	31	83
2	11,9	40	30	80
3	9,9	8	27	73
4	10,2	47	28	74
5	7,6	14	23	63
6	10,7	24	28	76
7	10,6	26	28	76
8	10,5	27	28	74
9	11,8	28	30	81
10	11,9	46	31	82
11	10,0	15	27	73
12	8,7	32	25	67
13	7,2	11	22	61
14	7,2	15	22	61
15	9,1	5	25	69
16	8,1	10	24	64
17	9,0	23	25	68
18	6,5	20	21	58
19	6,8	18	22	59
20	9,1	46	25	68
21	7,6	49	23	63
22	8,1	47	24	65
23	10,1	77	27	74
24	8,9	47	25	68
25	7,0	62	22	60
26	7,2	30	22	61
27	7,9	19	27	72
28	8,7	33	25	67

Destaca-se que dos 50 vetores originais (Figura 1), 42 (84% do total) tiveram que ser rastreados novamente para atender ao critério de tolerância de fechamento 3D de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Destes, 6 vetores (12% do total) tiveram que ser rastreados 3 vezes para que todos os

polígonos da Figura 1 atendessem a tolerância de fechamento 3D da NBR14166/2022. Com o novo valor proposto de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$, certamente este número seria muito menor, o qual estimamos em apenas 9 vetores a serem repetidos (considerando a mesma proporção de triângulos rejeitados). Ressalta-se que como os valores excedidos na tolerância proposta foram de poucos milímetros, haveria a possibilidade de tratar os dados no intuito de atender a tolerância proposta sem comprometer a qualidade dos resultados (ver Klein et al., 2022).

Desta forma, o custo de execução da referida RRCM foi muito além do inicialmente previsto, destacando que todos os vetores GNSS da primeira campanha de rastreios atendiam a todos os demais critérios técnicos da NBR14166/2022, inclusive na análise dos resíduos do ajustamento. Estes resultados, além da análise teórica realizada, fornecem indícios que a tolerância do erro de fechamento 3D de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ da NBR14166/2022 é muito rigorosa quando se implanta vértices sobre o solo. O valor estabelecido na NBR 14.166/2022 seria plausível apenas para vértices implantados com dispositivos de centragem forçada (eliminando os erros de centragem e de altura), o que na prática seria inviável realizar na íntegra de uma RRCM em área urbana de uma cidade (França, 2023). Portanto, a nossa recomendação é a adoção do novo valor proposto de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$ para a tolerância dos erros de fechamento 3D.

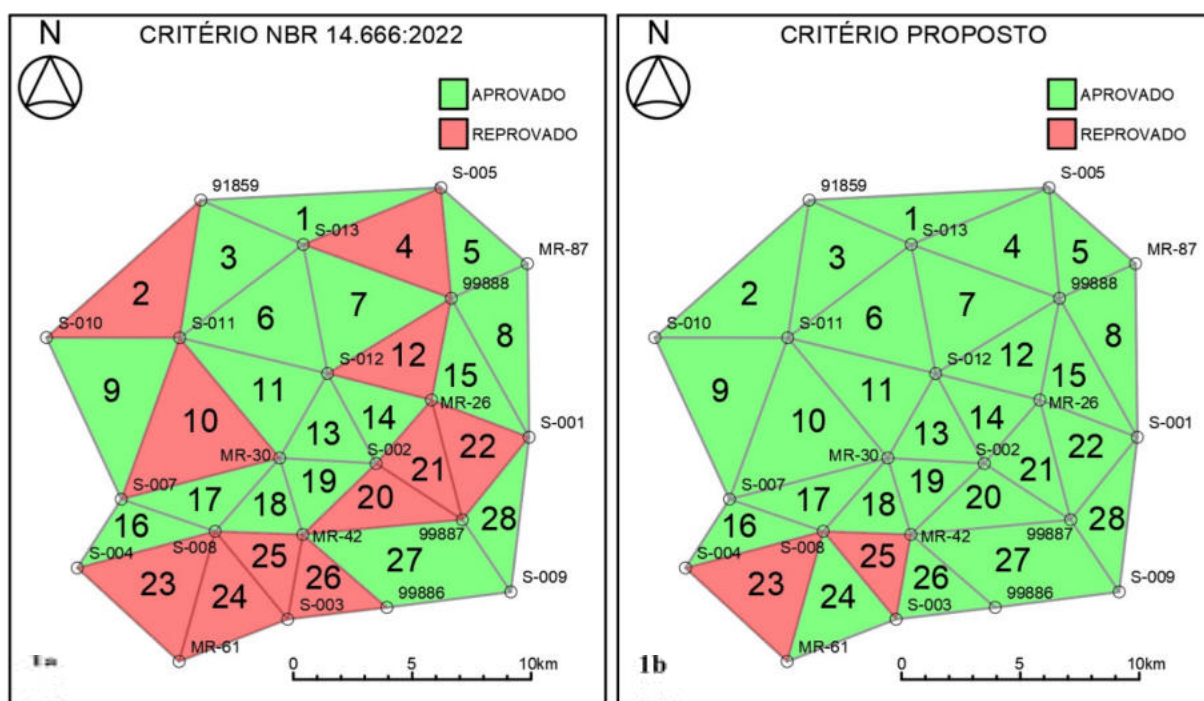


Figura 1. Polígonos 3D, vértices e vetores GNSS da RRCM analisada

4. CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo revisar o critério do erro de fechamento 3D de polígonos formados por vetores GNSS contido na NBR14166/2022: $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Para isto, um estudo teórico de propagação de erros foi realizado considerando a precisão nominal do posicionamento relativo estático pós processado contida nos manuais de boa parte dos

receptores GNSS atualmente disponíveis no mercado, além do erro de centragem e de altura do instrumento. Considerando ainda uma margem de segurança para outras fontes de erro de difícil predição, propõe aqui um novo valor de tolerância de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$.

Além do estudo teórico, uma análise dos erros de fechamento 3D da RRCM de Joinville/SC, uma das pioneiras nos moldes da NBR14166/2022, foi apresentada e discutida. Os resultados obtidos mostraram que 11 dos 28 polígonos apresentaram erros de fechamento 3D acima da tolerância, o que exigiu o novo rastreamento de 42 dos 50 vetores GNSS até que todos os polígonos atendessem a tolerância estipulada de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Além disso, estes 50 vetores GNSS da primeira campanha foram aprovados em todos os demais critérios técnicos da NBR14166/2022, inclusive na análise dos resíduos do ajustamento, o que diminui a probabilidade da hipótese de existência de erros grosseiros.

Com o novo critério proposto de $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$, apenas 2 dos 28 polígonos apresentaram erros de fechamento 3D acima da tolerância, o que certamente resultaria em um menor número de novos rastreios GNSS e logo menor custo de execução da referida RRCM. Estes resultados, além da análise teórica realizada, fornecem indícios que a tolerância do erro de fechamento 3D de $\pm(10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ da NBR14166/2022 é muito rigorosa.

Essa conclusão revela-se particularmente pertinente, uma vez que as normas técnicas devem estabelecer parâmetros exequíveis aos profissionais, respaldados por fundamentos sólidos sob as perspectivas teórica e técnica, a fim de garantir sua efetiva aplicabilidade e fomentar as boas práticas no âmbito do cadastro 3D (Klein & Lima, 2018; Klein et al., 2022). Portanto, recomenda-se a adoção do novo valor aqui proposto para os erros de fechamento 3D de polígonos formados por vetores GNSS: $\pm(30 \text{ mm} + 2,5 \text{ ppm})$.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022). NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro.
- Cabral, C. R. et al. (2020). Uma proposta de Cadastro Territorial para o Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72.
- Cabral, C. R. et al. (2023). O método do alinhamento para a densificação de rede de referência cadastral municipal – RRCM. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 11, n. 1.
- França, R. M. 2023. Redes geodésicas horizontais em áreas urbanas: uma nova proposta para a densificação. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 117p.
- França, R. M.; Klein, I.; & Veiga, L. A. K. (2024a). Densificação de RRCM a baixo custo e sem erros de centragem. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 76.
- França, R. M.; Pedro, P. C.; & Becker, J. H. (2024b). Nova Rede de Referência Cadastral Municipal de Joinville conforme NBR 14.166:2022. In: *Anais do XVI COBRAC*, Florianópolis 11-13 Nov.
- Klein, I. & Lima, A. P. B. (2018). Estudos iniciais sobre a incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos a luz do SINTER. In: *Anais do XIII COBRAC*, Florianópolis 21-24 Out.
- Klein, I.; Cabral, C. R.; Hasenack, M. (2022). A nova versão da NBR14166/2022: Principais aspectos e recomendações. In: *Anais do XV COBRAC*, Florianópolis 7-9 Nov.
- Monico, J. F. G. (2008). Posicionamento pelo GNSS, descrição, fundamentos e aplicações. 2º ed. São Paulo, SP: Editora UNESP.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Ivandro Klein é natural de Porto Alegre/RS (1987). Engenheiro Cartógrafo (2009), Mestre (2012) e Doutor (2014) em Sensoriamento Remoto pela UFRGS. Atualmente é professor do Curso Técnico de Agrimensura do IFSC e membro permanente externo do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR. Desenvolve pesquisas nas áreas de planejamento, ajustamento e controle de qualidade de redes geodésicas. Possui diversas videoaulas gratuitas em www.youtube.com/ivandroklein1 e www.youtube.com/AgrimensuraIFSC (playlist de Geodésia e Ajustamento: <https://surl.li/bulpjs>).

Rovane Marcos de França nasceu em Tubarão (SC) em 1973. Técnico em Estradas pela ETFSC, Técnico em Geomensura pelo CEFETSC, Engenheiro Civil pela UNISUL, Mestre em Engenharia pela UFSC e Doutor em Ciências Geodésicas pela UFPR. Possui experiência e desenvolve pesquisa em Cadastro Territorial, Topografia, Escaneamento a Laser 3D, Fotogrametria e BIM para Infraestrutura. Atua como professor do IFSC no Curso Técnico de Agrimensura e no Curso Técnico em Geoprocessamento do IFSC no Campus Florianópolis (SC).

Adolfo Lino de Araújo. Técnico em Agrimensura (IFSC), Engenheiro Civil (UFPB), Mestre em Engenharia Cartográfica (UFPE), Doutor em Engenharia Civil (UFSC). Membro da Comissão Nacional de Cartografia, Grupo de Trabalho sobre Cadastro. Atuou como membro da Comissão de Revisão da Portaria 511 do Ministério das Cidades sobre Cadastro Territorial Multifinalitário. Professor do Curso Técnico em Agrimensura do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Membro da Comissão de Estudos de Topografia da ABNT.

Flavio Boscatto, São Paulo. Técnico em Geomensura (CEFET/SC, atual IFSC). Doutor e Mestre em Engenharia Civil na área de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial (UFSC). Engenheiro de Aquicultura (UFSC). Especialista e Licenciado em Docência para Educação Profissional (IFSC). Professor no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) no Curso Técnico de Agrimensura. Membro da Comissão de Estudos de Topografia da ABNT.

CONTACTS

Ivandro Klein

Email: ivandro.klein@ifsc.edu.br

Rovane Marcos de França

Email: rovane@ifsc.edu.br

Adolfo Lino de Araújo

Email: adolfo.lino@ifsc.edu.br

Flavio Boscatto

Email: flavio.boscatto@ifsc.edu.br

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
Avenida Mauro Ramos, 950, Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACC)
Florianópolis
BRASIL

Análise posicional comparativa entre Levantamento Cadastral Territorial por topografia (Estação Total) e GNSS e por LiDAR (SLAM) dos vértices de parcela urbana

Flavio BOSCATTO, Adolfo Lino de ARAÚJO, Rovane Marcos de FRANÇA, Brasil

Keywords: LiDAR SLAM, Cadastro territorial, Levantamento Cadastral Territorial.

SUMMARY

The publication of ABNT NBR 17047 in 2022 established normative guidelines for the cadastral survey of urban parcels in Brazil, defining positional accuracy standards for the parcel vertices. Although the standard refers to consolidated methods like GNSS and Total Station, laser scanning (LiDAR), a technique known for performing mass three-dimensional data acquisition across various areas, presents significant potential. This study aimed to evaluate the application of mobile laser scanning (SLAM) for obtaining parcel vertex coordinates and complying with NBR 17047. An experimental survey was conducted on an urban parcel with vertices previously georeferenced using traditional methods, namely Total Station and GNSS. The laser scanning was performed using the RTK-NTRIP method, connected directly to the IBGE's RBMC-IP. Following the data collection, which generated a 3D point cloud, the vertex coordinates were extracted directly from the point cloud and compared with the pre-existing coordinates. The planimetric deviations ranged between 3.2 cm and 15.8 cm, which is within the tolerance limits established by the technical standard. The preliminary results indicate that the use of SLAM technology is a viable alternative and should be tested on other parcels with varying vertex materialization conditions.

Palavras-chave: LiDAR SLAM, Cadastro Territorial, Levantamento Cadastral Territorial.

RESUMO

A publicação da ABNT NBR 17047 em 2022 estabeleceu diretrizes normativas para o levantamento cadastral de parcelas urbanas no Brasil, definindo padrões de precisão posicional para os vértices das parcelas. Embora a norma remeta a métodos consolidados de GNSS e Estação Total, a varredura a laser (LiDAR), apresenta potencial, técnica conhecida por realizar o levantamento de dados tridimensionais em massa, em diversas áreas. Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicação da varredura a laser móvel (SLAM) para a obtenção de coordenadas de vértices de parcelas, e para o atendimento da NBR 17047. Foi realizado um levantamento experimental em uma parcela urbana com vértices previamente georreferenciados por métodos tradicionais com Estação Total e GNSS. A varredura a laser foi realizada com método RTK-NTRIP, conectado diretamente na RBMC-IP do IBGE. Após a coleta, que gerou uma nuvem de pontos 3D, as coordenadas dos vértices foram extraídas diretamente da nuvem de pontos e os valores comparados com as coordenadas pré existentes. Os desvios planimétricos apresentaram valores de 3,2 cm e 15,8 cm, dentro dos limites de

tolerância estabelecidos pela norma técnica. Os resultados preliminares indicam que o uso da tecnologia LiDAR SLAM se apresenta como uma alternativa e deve ser testado em outras parcelas com diversas condições de materialização dos vértices.

Análise posicional comparativa entre Levantamento Cadastral Territorial por topografia (Estação Total) e GNSS e por LiDAR (SLAM) dos vértices de parcela urbana

Flavio BOSCATTO, Adolfo Lino de ARAÚJO, Rovane Marcos de FRANÇA, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A norma ABNT NBR 17047:2022 estabelece o procedimento para o levantamento cadastral territorial destinado ao registro público. Seu escopo abrange casos de usucapião, parcelamento do solo, unificação e retificação de matrícula, processos bastante utilizados nas regularizações de imóveis e nos desdobramentos territoriais. A norma detalha os requisitos para a análise de documentos, a verificação e materialização dos limites de parcelas, o levantamento cadastral em si, o controle de qualidade das medições, a projeção cartográfica e a elaboração das peças técnicas, sempre considerando os aspectos técnico-legais envolvidos.

A materialização dos vértices da parcela é um requisito fundamental no Cadastro Territorial e a norma aborda o tema, colocando, que deve ser realizada em locais que permitam demarcações físicas e estáveis. A escolha do material é flexível, podendo incluir marcos de concreto, pedra ou material sintético, pinos ou parafusos metálicos, placas ou qualquer outro elemento que garanta estabilidade e perenidade, identificando claramente o limite do imóvel.

A norma prevê situações específicas para a materialização, como muros e edificações, cercas, solo nu e também aborda as questões de vértices inacessíveis.

Os critérios de precisão e tolerância foram publicados pela norma norteando de fato os trabalhos dos levantamentos cadastrais, até o ano de 2022 não havia parâmetro para os vértices urbanos fora das propostas acadêmicas.

Para as parcelas urbanas, a norma estipula uma precisão posicional planimétrica de 8 cm para o vértice. A tolerância posicional admissível é definida como três vezes a precisão posicional, ou seja, 24 cm. Isso significa que, ao comparar dois levantamentos distintos, diferenças posicionais de até 24 cm em um vértice são consideradas aceitáveis, mantendo-se as coordenadas do levantamento original.

Além das precisões e tolerâncias a norma técnica coloca também métodos a serem utilizados como controle de qualidade, um deles é a medição do vértice com técnicas ou métodos diferentes, justamente o utilizado neste artigo.

Os métodos de levantamentos elencados na NBR17047 apontam para outras duas normas técnicas, sendo a ABNT NBR13133 e a ABNT NBR16166. Apenas na NBR13133 existe menção ao uso de varredura a laser, até mesmo por que essa técnica não se aplica em redes cadastrais ou geodésicas, no entanto não se tem detalhamento de como essa técnica deve ser utilizada para os levantamentos topográficos, geodésicos e cadastrais, no entanto, existe a previsão de uso dessas técnicas frente a NBR13133, nesse contexto o método aqui apresentado se enquadra nas normativas.

Portanto, a proposta deste artigo é testar a utilização do Laser Scanner móvel (SLAM) para gerar nuvem de pontos e consequentemente extrair a coordenada do vértice em ambiente 3D.

2. UTILIZAÇÃO DO LiDAR SLAM EM ÁREAS DO CONHECIMENTO

A Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM) é uma tecnologia fundamental para sistemas autônomos, como robôs móveis, veículos aéreos não tripulados e veículos autônomos. A tecnologia permite que um dispositivo construa um mapa tridimensional enquanto simultaneamente rastreia sua própria localização dentro dele.

Tradicionalmente, os sistemas SLAM, operam sob a premissa de um ambiente estático. No entanto, ambientes reais são frequentemente dinâmicos, com a presença de objetos em movimento, como pessoas e veículos, o que pode degradar significativamente a precisão do posicionamento e a qualidade do mapa.

Além disso, a precisão do SLAM pode ser afetada por erros acumulados em trajetórias longas, desafios em terrenos irregulares ou a sensibilidade a condições de iluminação.

Para superar esses desafios, pesquisadores têm explorado diversas abordagens, incluindo a fusão de múltiplos sensores e o uso de técnicas avançadas de aprendizado profundo para filtrar interferências dinâmicas e otimizar o posicionamento.

Os vértices das parcelas urbanas não possuem características dinâmicas e sim estáticas o que leva a crer que as medições das feições onde os vértices estão localizados não sofrem parte dos erros possíveis no uso desta técnica.

O SLAM é utilizado e vem sendo testado em diversas áreas do conhecimento, como florestal, mineração, mapeamento de feições lineares entre outras aplicações. Existe pontencial também para a área da engenharia e arquitetura.

Atualmente, além dos equipamentos embarcados em automóveis, como se vê com os mapeamentos das feições do sistema viário, existem instrumentos que podem ser carregados manualmente e o operador se deslocar caminhando na região a ser mapeada.

Este capítulo do artigo apresenta dados comparativos de um experimento do LiDAR SLAM e Laser Scanning Terrestre, com objetivo de ilustrar a aplicação. Não foi encontrado artigo até o momento com o foco no mapeamento do limite de parcelas territoriais.

Štroner et al. (2025) realizaram um estudo comparativo para avaliar a precisão de scanners a laser baseados em SLAM em relação a scanners a laser estáticos terrestres, considerados padrão em trabalhos geodésicos. A pesquisa foi motivada pelo aumento do uso de sistemas SLAM portáteis, que oferecem maior velocidade e facilidade de operação, especialmente em espaços confinados como túneis subterrâneos.

O estudo foi conduzido em um túnel de mina de 120 metros, com superfícies rochosas altamente irregulares, um cenário desafiador para algoritmos SLAM. Os autores testaram quatro scanners SLAM (Geoslam Zeb Horizon RT, Navvis VLX 2, Emesent Hovermap ST-X, Faro Orbis) e dois scanners estáticos (Trimble X7, Faro Focus Premium 70).

Os scanners SLAM foram operados por um técnico da área da topografia caminhando pelo túnel (ida e volta), enquanto os scanners estáticos realizaram varreduras a partir de múltiplas posições fixas. As nuvens de pontos geradas foram georreferenciadas usando quatro alvos esféricos (GCPs) e comparadas com a nuvem de referência. A métrica principal foi o desvio quadrático médio (RMSD). Os resultados destacaram a excelente performance da nova geração de scanners SLAM, alcançaram um RMSD na faixa de 12–24 mm, enquanto os scanners estáticos ficaram entre 22–27 mm.

- Embora os scanners SLAM tenham apresentado maior ruído em nível local, os scanners estáticos mostraram maior deformação ao longo do túnel (efeito "banana"),

provavelmente devido ao acúmulo de pequenos erros no processo de união das múltiplas varreduras.

- Os scanners SLAM, por estarem em movimento contínuo, conseguiram capturar melhor as superfícies irregulares e com reentrâncias, enquanto os scanners estáticos deixaram "sombras" ou áreas sem dados.
- A aquisição de dados com os scanners SLAM levou cerca de 2 minutos, enquanto com os scanners estáticos o processo durou aproximadamente 2 horas. O estudo conclui que, para esse tipo de aplicação em ambientes confinados, os scanners SLAM de nova geração não apenas são ordens de magnitude mais rápidos, mas também podem oferecer uma precisão global comparável ou até superior à dos scanners estáticos.

No presente artigo similaridades ao estudo citado foram observadas, como a rapidez na coleta do dado, outro fato é que a mobilidade faz com que o operador alcance locais em que Laser Scanner Aerotransportado (LSA) não mapeiam de forma eficiente e com Laser Scanner Terrestre (LST) estático se necessitaria de diversas cenas para complementar certos detalhes, como por exemplo caminhar por debaixo de copas de árvores e aproximar-se da feição desejada.

3. LEVANTAMENTO CADASTRAL TERRITORIAL COM SLAM

O SLAM, assim como os métodos de levantamentos cadastrais necessitam de um planejamento de campo, sobretudo na forma que será referenciada a nuvem. No presente estudo foi utilizado o equipamento LiGrip O1 Lite, da marca GreenValley e os dados foram processados no software LIDAR360MLS.

O equipamento está apresentado na Figura 1 com suas principais partes, onde indica o sensor LiDAR, câmera fotográfica, GNSS, módulo RTK, assim como o ponto a ser posicionado o equipamento para coleta de GCP (pontos de controle).

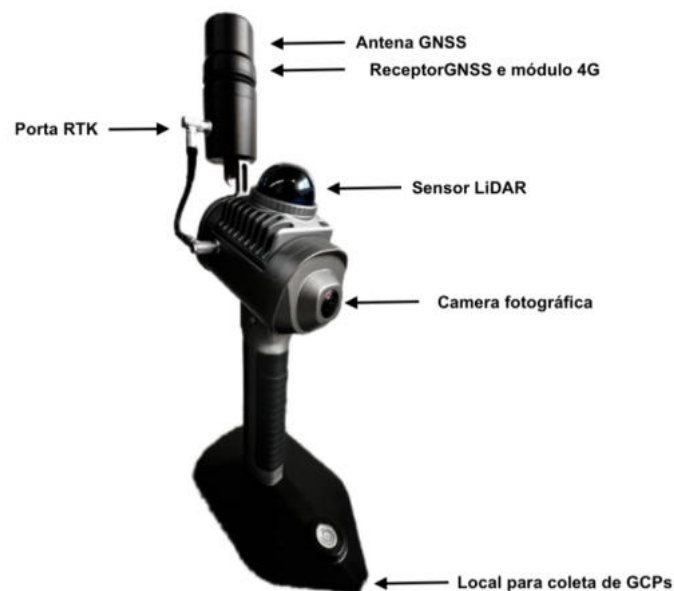


Figura 1. SLAM LiGripO1Lite e as principais partes

A operação do equipamento é realizada através de um aplicativo de gerenciamento dos dados, no aplicativo é possível criar um projeto, definir o Datum e projeção cartográfica e a coleta de pontos de controle (GCP). A conexão entre o smartphone com o aplicativo instalado e o equipamento se dá via wi-fi, em tempo real, no momento do levantamento é possível ver em tela a construção da nuvem de pontos, a Figura 2 mostra a tela do aplicativo com a nuvem de pontos, destaca-se também que a solução GNSS está fixa, sensor LiDAR e câmera fotográficas ativos.

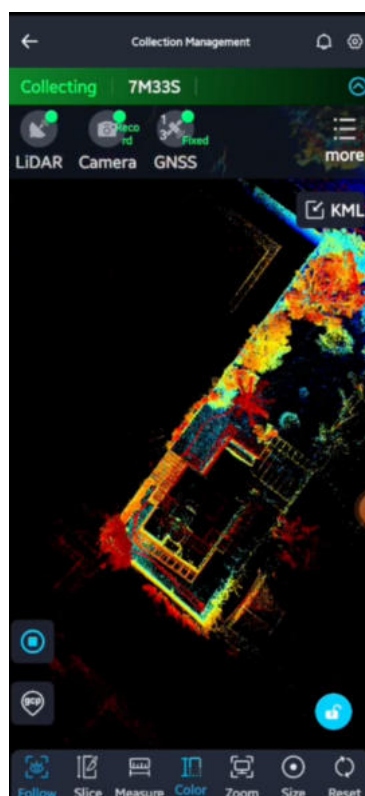


Figura 2. Aplicativo durante a operação do equipamento

O equipamento utilizado permite três formas de coleta e processamento de dados com o objetivo de se trabalhar com a nuvem georreferenciada, RTK-NTRIP, PPK ou com pontos de controle.

Para a utilização do RTK-NTRIP é necessário ter um chip de telefonia com pacote de dados móveis no equipamento para que se obtenha a conexão com o servidor do IBGE, a configuração de IP e porta é feita no aplicativo.

Para a utilização do método PPK, uma antena e receptor GNSS deve estar localizada nas proximidades do levantamento e ter suas coordenadas conhecidas no momento do processamento, neste caso, o arquivo RINEX é enviado ao software e a coordenada digitada no processamento.

Outra maneira de se georreferenciar a nuvem é coletar ao menos dois pontos com coordenadas georreferenciadas, para isso, posiciona-se o equipamento no ponto e informa ao aplicativo que deseja-se coletar os dados. Apesar de dois pontos se apresentarem suficiente

em alguns casos, sugere-se uma quantidade maior de pontos para melhor ajuste, sendo que a partir de três pontos já é possível observar os desvios nos três eixos.

4. EXPERIMENTOS E DISCUSSÕES

O presente experimento utilizou da técnica RTK-NTRIP para o gerreferenciamento da nuvem, a escolha se deu pela proximidade da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC e pela adequada conexão com a internet.

Foi utilizado o ponto IFSC da RBMC, essa base está cerca de 7,5 Km em linha reta, distância adequada para a correção relativa GNSS.

O levantamento em campo teve uma duração de 13 minutos, tempo bastante reduzido considerando que o levantamento cadastral dos quatro vértices, com implantação de pontos de apoio GNSS e uso de Estação Total durou aproximadamente duas horas.

Obviamente que a grande maioria dos dados LiDAR SLAM acabaram por não sendo utilizados no momento, pois o objetivo neste estudo foram os vértices da parcela.

O processamento dos dados para o ajuste final da nuvem durou aproximadamente 30 minutos e a nuvem foi exportada em formato LAS.

O programa Civil 3D da Autodesk foi utilizado para a aquisição das coordenadas dos vértices, sendo assim o arquivo LAS foi importado no software ReCap e convertido ao formato RCS/RCP, desta forma inserido no Civil 3D.

A escolha do Civil 3D se deu, pois o mesmo possui ferramentas de planos, cortes e fatiamentos em nuvem de pontos, além de aderência 3D na nuvem de pontos. Ou seja, é possível achar uma faixa da feição onde está posicionado o vértice modificando altura do plano e espessura de fatias, desta forma pode-se cortar copas de árvores e até mesmo se aproximar do solo e visualizar as duas faces de um muro por exemplo.

As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram a nuvem 3D no software Civil3D. A Figura 3 mostra a nuvem em vista superior, a Figura 4 mostra a nuvem em visualização 3D, a Figura 5 apresenta a nuvem no vértice V1 e a Figura 6 apresenta o vértice V2.



Figura 3. Visualização da nuvem de pontos em vista superior



Figura 4. Visualização da nuvem de pontos em 3D



Figura 5. Visualização da nuvem e o vértice V1

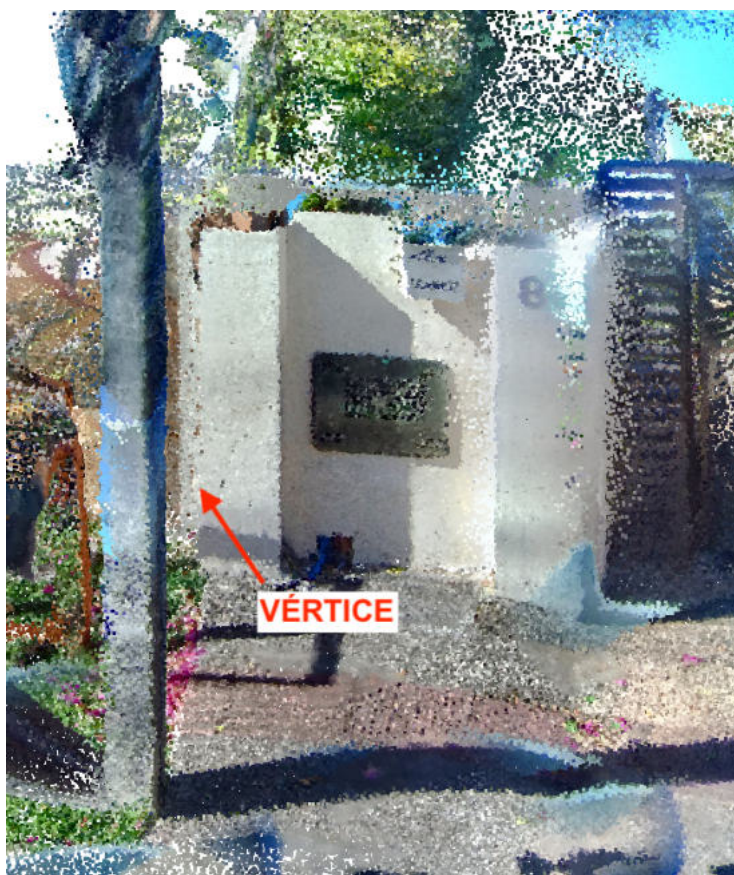


Figura 6. Visualização da nuvem e o vértice V2

A coleta das coordenadas dos vértices se deu diretamente na nuvem de pontos, para essa tarefa foi feita análise em vista superior e 3D, definido alinhamentos entres os vértices e por fim ao fechar o limite das parcelas se coletou os valores pontuais.

A Tabela 1 apresenta os valores das coordenadas UTM dos vértices, além de apresentar as diferenças com as coordenadas pré-existentis do levantamento com Estação Total e GNSS.

Os desvios horizontais dos vértices entre os levantamentos ficaram em 0,032m para o vértice V1, para o vértice V2 o valor de desvio ficou em 0,043m, já para o vértice V3 o valor de desvio foi de 0,158m e o V4 com 0,105m.

Todos os valores encontrados ficaram abaixo de 0,240m como preconiza a NBR17047.

Tabela 1. Coordenadas UTM e desvios do levantamento cadastral territorial e LiDAR SLAM

A técnica utilizada se mostrou bastante produtiva devido ao tempo de coleta, de	Levantamento Cadastral			LiDAR		Desvios		
	Vértice	E	N	E	N	Desvio E	Desvio N	Desvio Hz
	V1	749214,108	6941201,926	749214,077	6941201,897	0,031	0,029	0,032
	V2	749223,951	6941213,245	749223,908	6941213,245	0,043	0,000	0,043
	V3	749257,254	6941183,967	749257,103	6941183,882	0,151	0,085	0,158
	V4	749246,394	6941173,561	749246,491	6941173,649	-0,097	-0,088	0,105

processamento e de análise para este caso, no entanto algumas observações são importantes. No caso do LiDAR SLAM a movimentação de caminhada e movimentos de mudança de direção devem ser lentos, assim minimizar possíveis ruídos ou baixa densidade de pontos.

As feições onde estão localizados os vértices podem ser levantadas de diversos ângulos com objetivo de detalhar o objeto.

Sinalizar os vértices com fitas coloridas ao lado da materialização pode ajudar na interpretação do ponto na nuvem, uma vez que a nuvem é colorida RGB com as fotografias tomadas durante o levantamento.

Para vértices inacessíveis com limites construtivos a técnica pode ser empregada, no entanto deve-se observar a distância até o objeto.

Locais como rios, as margens devem ser mapeadas, uma vez que o espelho d'água não é um objeto que o LiDAR consiga mapear com precisão, até mesmo pelo motivo da água estar em movimento.

Para vértices com marcos em solo nu, deve-se testar objetos que possam elevar o ponto, como balizas ou bastões e analisar se a nuvem apresenta satisfatoriamente o ponto na extremidade desse acessório.

5. CONCLUSÕES

O uso do LiDAR SLAM se mostrou viável para os levantamentos cadastrais, novos testes devem ser realizados em diferentes tipos de materialização de vértices e em vértices inacessíveis em que seja possível o alcance do sinal laser e a interpretação da feição em nuvem.

REFERÊNCIAS

ABNT. (2021). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133: Execução de Levantamentos Topográficos - Procedimento. Rio de Janeiro.

ABNT. (2022). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro.

ABNT. (2022). Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17047: Levantamento Cadastral Territorial para Registro Público - Procedimento. Rio de Janeiro.

Cabral, C. R. et al. (2020). Uma proposta de Cadastro Territorial para o Brasil. Revista Brasileira de Cartografia, v. 72.

GREENVALLEY INTERNATIONAL. (n. d.) LiGrip O1 Lite: Lightweight 3D Laser Scanner, Quick Start Manual. Versão A.00. Guangzhou, China: GreenValley International, [s.d.]. Disponível em: <https://www.greenvalleyintl.com/gvi/web/us/file/EN-EN-LiGrip-O1-Lite-Quick-Start-Manual.pdf>. Acesso em: 30/09/2025.

Štroner, M., Urban, R., Křemen, T., Braun, J., Michal, O., & Jřirkovský, T. (2025). “Scanning the underground: Comparison of the accuracies of SLAM and static laser scanners in a mine tunnel,” *Measurement*, vol. 242, p. 115875, fev. 2025.

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Flavio Boscatto, nasceu em São Paulo. Técnico em Geomensura (CEFET/SC, atual IFSC). Doutor e Mestre em Engenharia Civil na área de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial (UFSC). Engenheiro de Aquicultura (UFSC). Especialista e Licenciado em Docência para Educação Profissional (IFSC). Professor no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) no Curso Técnico de Agrimensura. Membro da Comissão de Estudos de Topografia da ABNT.

Adolfo Lino de Araújo. Técnico em Agrimensura (IFSC), Engenheiro Civil (UFPB), Mestre em Engenharia Cartográfica (UFPE), Doutor em Engenharia Civil (UFSC). Membro da Comissão Nacional de Cartografia, Grupo de Trabalho sobre Cadastro. Atuou como membro da Comissão de Revisão da Portaria 511 do Ministério das Cidades sobre Cadastro Territorial Multifinalitário. Professor do Curso Técnico em Agrimensura do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Membro da Comissão de Estudos de Topografia da ABNT.

Rovane Marcos de França nasceu em Tubarão (SC) em 1973. Técnico em Estradas pela ETFSC, Técnico em Geomensura pelo CEFETSC, Engenheiro Civil pela UNISUL, Mestre em Engenharia pela UFSC e Doutor em Ciências Geodésicas pela UFPR. Possui experiência e desenvolve pesquisa em Cadastro Territorial, Topografia, Escaneamento a Laser 3D, Fotogrametria e BIM para Infraestrutura. Atua como professor do IFSC no Curso Técnico de Agrimensura e no Curso Técnico em Geoprocessamento do IFSC no Campus Florianópolis (SC).

CONTATOS

Flavio Boscatto

Email: flavio.boscatto@ifsc.edu.br

Adolfo Lino de Araújo

Email: adolfo.lino@ifsc.edu.br

Rovane Marcos de França

Email: rovane@ifsc.edu.br

Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)

Avenida Mauro Ramos, 950, Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACC)

Florianópolis

BRASIL

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

João Sérgio Queiroz de LIMA, Adhler Rouvanni Torres Martins COSTA, Ana Carla Queiroz PAIVA, Charles Benedito Gemaque SOUZA, Davi Diniz Silva MARCELINO, Elizete de Oliveira SANTOS, Antônio Borges da SILVA and Rebecca Nogueira LOPES, Brazil.

Key words: Remotely piloted aircraft systems, Multipurpose cadastre, City of Fortaleza, Brazil

SUMMARY

This study analyzes the potential application of geospatial technologies, with an emphasis on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), in the territorial management of the city of Fortaleza, Ceará, Brazil. The research addresses how the acquisition of primary data with geodetic and cartographic precision, through RPAS, can serve as a fundamental input for the modernization of the Municipal Real Estate Cadastre, driving its evolution towards a comprehensive Multipurpose Technical Cadastre (CTM). To ensure the reliability and legal certainty of this data, the study highlights the importance of strict technical standards, such as the Cartographic Accuracy Standard (PEC). The analysis covers the complete workflow, from flight mission planning to the generation of digital cartographic products, such as orthomosaics and 3D point clouds, which are essential for representing urban reality. The article also discusses the suitability of the CTM to international standards, such as the Land Administration Domain Model (LADM) and 3D Land Administration (3DLA), as well as the legal and institutional challenges that need to be overcome in the Brazilian context for the full implementation of this approach. It is concluded that the strategic adoption of these geospatial technologies, when aligned with a rigorous methodology and an adequate normative framework, represents a leap in the quality of urban governance, promoting a fairer and more sustainable territorial development. The pilot project carried out in Fortaleza, despite its methodological limitations, serves as a proof of concept of the technology's potential for public management.

Palavras-chave: Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, Cadastro territorial multifinalitário, Cidade de Fortaleza, Brasil

RESUMO

O presente estudo analisa o potencial de aplicação de geotecnologias, com ênfase em sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS), na modernização do Cadastro Imobiliário Municipal da cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. Aborda-se como a aquisição de dados primários com precisão geodésica e cartográfica, por meio de RPAS, pode impulsionar o desenvolvimento de um Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM). Destaca-se a importância de rigorosos padrões técnicos, como o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), para garantir a confiabilidade e a segurança jurídica dos dados geoespaciais produzidos. Apresenta-se um fluxo de trabalho completo, desde o planejamento da fase aeroespacial até o processamento de produtos cartográficos digitais, como ortomosaicos e nuvens de pontos 3D, fundamentais à representação do território. Discute-se ainda a adequação do CTM a padrões internacionais, como o *Land Administration Domain Model* (LADM) e a *3D Land Administration* (3DLA), assim como os desafios legais e institucionais a serem superados no contexto brasileiro. Conclui-se que o uso das geotecnologias, quando amparadas em uma metodologia consistente e em um conjunto normativo adequado, representa uma excepcional qualificação na governança urbana. O projeto piloto realizado em Fortaleza, apesar de suas limitações metodológicas, serve como uma prova de teste e calibração do potencial da tecnologia para a administração pública.

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

João Sérgio Queiroz de LIMA, Adhler Rouvanni Torres Martins COSTA, Ana Carla Queiroz PAIVA, Charles Benedito Gemaque SOUZA, Davi Diniz Silva MARCELINO, Elizete de Oliveira SANTOS, Antônio Borges da SILVA and Rebecca Nogueira LOPES, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

A gestão territorial é uma atividade complexa e fundamental para as administrações públicas municipais, especialmente em metrópoles regionais, como a Cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará (Figura 1). Destacando-se como o quarto maior centro urbano do país e maior economia da região Nordeste do Brasil, a capital cearense enfrenta desafios históricos de desigualdade socioespacial, intensificados por uma significativa dinâmica imobiliária. Nesse cenário, o cadastro imobiliário supera sua função meramente fiscal, constituindo-se como ferramenta basilar para o planejamento urbano e a formulação de políticas públicas eficazes, possibilitando o saneamento de desatualizações cadastrais e a inclusão de múltiplas fontes de informações, integrando dados e inserindo grupos sociais tradicionalmente excluídos de políticas públicas. Além disso, sua precisão é essencial para a promoção da justiça fiscal, garantindo a correta aplicação de tributos como o IPTU (imposto predial e territorial urbano) e o ITBI (imposto sobre transmissão de bens imóveis) e assegurando a distribuição equitativa do ônus tributário. A obrigatoriedade da inscrição dos imóveis neste cadastro, aliás, está devidamente prescrita na legislação municipal, como o Código Tributário (Lei Complementar nº 159/2013) e seu Regulamento (Decreto nº 13.716/2015).

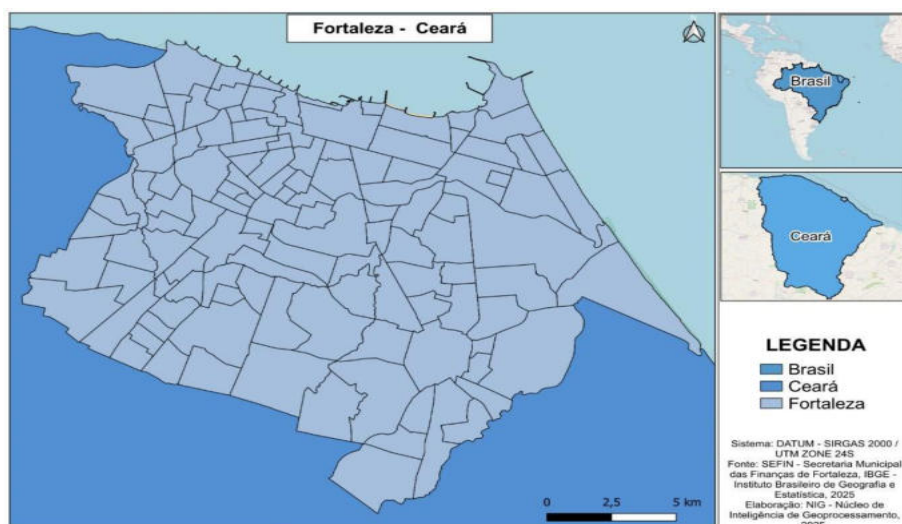


Figura 1. Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil: localização

A concepção de cadastro territorial mais atualizada o destaca como uma infraestrutura de dados com indispensável componente geoespacial, integrando informações sociais, econômicas, ambientais, jurídicas, fiscais, imobiliárias e de infraestruturas, dedicada à governança pública urbana, como explicam Dale & McLaughlin, (1999), Loch & Erba (2007) e Williamson et al. (2010). Mesmo de reconhecida importância para a gestão territorial, os cadastros públicos apresentam problemas recorrentes relacionados à sistemática de atualização e de qualificação quanto à representação dos dados, constatando-se discrepâncias entre a realidade de fato do território e os elementos temáticos registrados.

A aquisição de dados territoriais em massa depende de métodos bastante onerosos, geralmente realizados por sensoriamento remoto aerofotogramétrico realizado por levantamentos aéreos tripulados, com processamento dos dados realizado em períodos longos de tempo e com o dispêndio de grande quantidade de recursos humanos necessariamente qualificados, o que também eleva os custos para as administrações públicas para qualificar e atualizar os registros cadastrais. Como consequência, têm-se obstáculos recorrentes ao planejamento urbano adequado e arrecadação de recursos decorrentes de tributos abaixo do potencial previsto, comprometendo os investimentos e as políticas públicas urbanas em favor da municipalidade.

Enveredando em soluções para as dificuldades de atualização e qualificação dos cadastros territoriais, as administrações públicas têm investido nas denominadas geotecnologias, um conjunto de ferramentas que auxiliam a cartografia digital no geoprocessamento de dados geoespaciais para a produção de informações temáticas sobre o território. Nesse contexto, as geotecnologias incluem o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Posicionamento Global (GNSS) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), compondo a base técnica para a transformação de dados brutos em conhecimento espacial aplicado (Longley et al., 2015). A efetividade de qualquer análise em um SIG, no entanto, está intrinsecamente ligada à qualidade, resolução e atualidade dos dados de entrada. Considerando os desafios de atualização cadastral, o advento dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS)

representa um avanço tecnológico promissor para superar as limitações na produção de dados geoespaciais de alta resolução (Nex & Remondino, 2014, Neves, 2018, Mbarga et al., 2024). Capazes de operar a baixas altitudes com sensores de alta precisão, os RPAS oferecem uma plataforma de sensoriamento remoto de proximidade que permite a coleta de dados com resolução centimétrica de forma ágil e com um custo significativamente mais baixo, preenchendo assim uma lacuna tecnológica, de acordo com Nex; e Remondino (2014) e Neves (2018). Essa capacidade de aquisição de dados primários com precisão geodésica e cartográfica se tornou um insumo fundamental, complementar às campanhas aéreas tripuladas, para a modernização do Cadastro Imobiliário Municipal, impulsionando sua evolução para um Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), assim como abordado por Jesus e Fuckner (2020).

O presente artigo busca analisar o potencial da aplicação de geotecnologias associadas aos RPAS no âmbito da gestão territorial do Município de Fortaleza, buscando demonstrar como essa integração pode impulsionar a transição do cadastro atual para um CTM em três dimensões (3D). O escopo da pesquisa posiciona a tecnologia como uma solução estratégica para resolver problemas fundamentais de governança e planejamento urbano, impulsionados pela evolução do arcabouço normativo e pela crescente complexidade das cidades. A análise busca articular a inovação tecnológica à melhoria da gestão pública na superação da desatualização cadastral, resultando no adequado planejamento com base na realidade fática do território da cidade, qualificando as políticas públicas, baseadas em dados.

2. CADASTRO TERRITORIAL NO BRASIL

Os cadastros territoriais, como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são fundamentais para a gestão pública de espaços urbanos, sobretudo os de grande complexidade e com rápidas mudanças, como as metrópoles brasileiras, onde os modelos cadastrais pioneiros foram concebidos sem georreferenciamento adequado, com base em representações bidimensionais (2D) e com prioridade fiscal. Tais modelos demonstraram-se insuficientes para contemplar a realidade contemporânea de cidades densamente edificadas, com grande diversidade de tipologias imobiliárias e de infraestruturas e com elevada verticalização. Necessariamente, a ideia de **Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM)** emergiu no contexto da administração territorial urbana como uma possibilidade pela maior abrangência, qualidade e integração de informações básicas e temáticas, como destacam Loch & Erba (2007), Van Oosterom et al. (2011), Erba (2015), Ferreira, Farias e Oliveira, (2018) e Jesus & Fuckner (2020).

O CTM propõe a integração de uma grande variedade de dados sociais, econômicos, jurídicos, naturais, ambientais, imobiliários, tributários, de infraestruturas, entre outros, dentro de sistemas territoriais públicos, abordando múltiplas dimensões, subsidiando, principalmente, o planejamento urbano e o desenvolvimento sustentável. Trata-se de um aprimoramento conceitual e metodológico, que confirma a ferramenta como essencial à governança pública, baseado em evidências, conforme apontam Dale e McLaughlin (1999),

Williamson et al. (2010), Enemark (2019), Paixão (2021), Reginato, Almeida & Barros (2020) e Silva & Antunes (2020).

De acordo com Neves (2018), esse modelo moderno de cadastro apresenta desafios relacionados à interoperabilidade entre as bases de dados entre diferentes dimensões administrativas e entidades temáticas, assim como entre instituições de diferentes regiões e países. Nesse contexto, as geotecnologias apresentam um significativo potencial para a integração de dados e informações qualificadas, como o exemplo das **Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE)**, representando um conjunto integrado de políticas, normas, planos, métodos, técnicas e recursos, com o intuito de coordenar a organização, publicação, disponibilização e utilização de dados geoespaciais, como a **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)** no Brasil, que promove a interoperabilidade, integrando bases e operações, democratizando o acesso às informações qualificadas.

Nesse contexto, o Município de Fortaleza se posiciona em destaque pela modernização da sua gestão cadastral e territorial, evidenciado na Infraestrutura de Dados Espaciais da Secretaria das Finanças (IDE-SEFIN), que disponibiliza publicamente informações qualificadas sobre o território municipal, as mesmas utilizadas no Sistema de Informações Territoriais (SITFOR), de caráter cadastral imobiliário, necessariamente georreferenciado e com potencial multifinalitário, se configurando como a base para adesão facilitada do município ao Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER) e ao Cadastro Imobiliário Brasileiro (CIB), dispostos no Decreto n.º 11.208/2022.

Além do documento que rege o SINTER e o CIB, a legislação brasileira vem desenvolvendo a temática do cadastro territorial com inovações conceituais que se articulam à normatização técnica, como explicam Coelho et al. (2025), destacando a Portaria nº 3.242/2022 do Ministério do Desenvolvimento Regional, em consonância com a ABNT NBR 17047 (2022), que apontam diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros e regulamentam o padrão de trabalhos técnicos e procedimentos para o levantamento cadastral territorial para registros públicos, contemplando imóveis urbanos e rurais (Quadro 1).

Entre as inovações conceituais significativas, Gonçalves et al. (2024) ressaltam a distinção entre “parcela certificada” e “parcela não certificada”. A primeira é definida pela precisão posicional planimétrica de até 8 cm conferida para os vértices que delimitam a poligonal do imóvel alvo, com apoio geodésico e topográfico. A segunda se alcança com menor precisão, através de métodos de georreferenciamento com precisão variável, ou obtidas em bases cartográficas já estabelecidas. Ao considerar os dois padrões de precisão para elementos aceitáveis como insumos para a base cadastral, reconhece-se a diversidade territorial urbana e facilita as rotinas cadastrais, sem dispensar a qualidade dos procedimentos para captura de dados da realidade.

Outra inovação é o conceito de “*objeto territorial*”, que se define como uma porção de terra, com espacialização bidimensional (2D) ou tridimensional (3D), cujos limites apresentam condições homogêneas físicas (edificações e infraestruturas) e legais (direitos, restrições, zoneamentos, unidades administrativas), utilizada no contexto de cadastros territoriais multifinalitários, com o intuito de registrar dados temáticos diversos sobre o território, de forma a estruturar sistemas de informações geográficas (SIG). Teixeira Coelho et al. (2025)

abordam que esse instrumento simplifica a representação cartográfica ao tratar regimes jurídicos distintos como atributos anexados à parcela, eliminando a necessidade de subdividir uma única propriedade em múltiplas parcelas com diferentes regimes jurídicos, e Santos et al. (2025) explicam que essa abordagem converge com modelos internacionais de administração de terras, como o **LADM (ISO 19152)**.

Quadro 1. Portaria nº 3.242/2022 e NBR 17047-2022: inovações conceituais.

Característica	Portaria nº 3.242/2022 e NBR 17047-2022
Conceito de Parcela	Parcela como unidade de referência; conceito de "objeto territorial" para representar direitos, restrições e responsabilidades.
Precisão Posicional	Precisão posicional planimétrica com padrão de 8 cm; coexistência de "parcelas certificadas" e "não certificadas".
Flexibilidade e Inclusão	Inclusão de bases de dados existentes e de levantamentos com precisão variável ("parcelas não certificadas"); cadastro mais inclusivo.
Representação Gráfica	Conceito de "objeto territorial" simplifica a representação de direitos e restrições; possibilidade de uma abordagem híbrida 2D/3D.
Integração de Dados	Flexibilidade: integração de dados de diversas fontes e precisões; interoperabilidade em uma infraestrutura de dados espaciais (IDE).

Fonte. Elaborado com base nos documentos citados.

Acurácia e confiabilidade métrica e posicional dos dados geoespaciais que representam o território no CTM aprofundam-se em importância para delimitação de parcelas e objetos territoriais, conforme disposto na legislação atualizada sobre cadastro no Brasil, principalmente para a adesão aos modelos internacionais de administração de terras que incorporam cenários com feições tridimensionais. Nesse ínterim, evidencia-se o potencial das geotecnologias emergentes associadas ao Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*). Empenhadas para o sensoriamento remoto aerofotogramétrico sobre o território das cidades, realiza a captura da realidade com alta precisão, quando em atendimento a padrões técnicos e normativos rigorosos.

As geotecnologias associadas aos RPAS exibem sua importância os cadastros territoriais ao disponibilizar meios complementares para aquisição de dados geoespaciais de forma ágil e qualifica, atendendo aos dispositivos do **Sistema Cartográfico Nacional (SCN)** e do **Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984**, que apontam o **Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)** como principal indicador estatístico para aferir a acurácia de trabalhos cartográficos (Brasil, 1984). Posteriormente regulamentado para produtos cartográficos digitais pela **ABNT NBR 14166 (2019)**, O PEC estabelece os limites de erro aceitáveis para a posição planimétrica e altimétrica das feições, conferindo-lhes confiabilidade, a partir da classificação da exatidão em seis classes, da mais restritiva (Classe A) para a menos restritiva (Classe E) (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019).

Segundo ensinam Fuckner et al. (2021) e Siqueira et al. (2020), o enquadramento na **Classe A**, considerando um mapa na escala 1:1.000, é indispensável para a representação com precisão de edificações, infraestruturas e lotes urbanos, sendo referência como o padrão ideal para um cadastro multifinalitário (Quadro 2). Explicam Fuckner et al. (2021) e Cáceres et al. (2022) que a comprovação do atendimento do produto cartográfico ao PEC é realizada por

meio de relatórios técnicos que atestam a acurácia posicional por meio de pontos de verificação independentes e que essa validação é indispensável para integração desse produto de forma confiável a outras bases de dados, garantindo interoperabilidade. A validade legal e técnica dos insumos cadastrais, ou seja, dados geoespaciais obtidos e produtos cartográficos decorrentes, dependem do atendimento estrito aos padrões normativos pela geotecnologia utilizada, o que se confere na concepção dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e sua funcionalidade especial de sensoriamento remoto, fotogrametria e mapeamento básico e temático, com o consequente tratamento das imagens aéreas de alta precisão através do processamento digital em programas computacionais especializados.

Quadro 2. Classificação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) segundo a ABNT NBR 14166

Classe de Acurácia	PEC Planimétrico	PEC Altimétrico
Classe A	0,5 mm × escala do mapa	0,5 × equidistância entre curvas de nível
Classe B	0,8 mm × escala do mapa	0,6 × equidistância entre curvas de nível
Classe C	1,0 mm × escala do mapa	0,75 × equidistância entre curvas de nível

Fonte. Adaptada da ABNT NBR 14166 (ABNT, 2019, Siqueira et al., 2020).

3. RPAS NA PRODUÇÃO DE DADOS CADASTRAIS

A produção de dados geoespaciais de alta precisão com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) para um Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) deve seguir um fluxo de trabalho técnico-científico rigoroso, iniciado com a definição dos objetivos cadastrais, delimitação da área objeto do mapeamento, organização da logística para atividade de campo, preparação dos recursos materiais (equipamentos especializados) e definição dos recursos humanos necessários (equipe técnica operacional). O planejamento integral da operação contempla as atividades de georreferenciamento, a fase aeroespacial, para coleta dos dados brutos (Originais de Aerolevanteamento) e a fase de processamento digital das imagens aéreas coletadas, para obtenção Produto Cartográficos Digitais (Produtos Decorrentes do Aerolevanteamento)

O planejamento da missão aerofotogramétrica deve ser elaborado para garantir a acurácia e precisão posicional e geométrica exigidas para a restituição de feições de imóveis urbanos, delimitação de lotes e representação de edificações em três dimensões (3D), utilizados como insumos cadastrais, atendendo requisitos legais e técnicos, notadamente ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para Produtos Cartográficos Digitais (PCD). Como principais parâmetros, destacam-se a sobreposição das imagens e os relacionados ao voo: janela (período do dia), altitude e velocidade.

A altitude de voo está diretamente atrelada à Resolução Espacial do Solo ou GSD (*Ground Sample Distance*), que quantifica o tamanho de um pixel da imagem na superfície do terreno, funcionando como um indicador direto do nível de detalhamento que será capturado. Para o

166

João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

mapeamento cadastral de alta precisão, especialmente em ambientes urbanos, onde a identificação de limites de propriedade, infraestruturas e elementos construídos é demandado especialmente, a adoção de um GSD centimétrico, preferencialmente inferior a 5cm é fortemente recomendável. Essa granularidade permite que detalhes finos, como meios-fios, muros, marcas de calçada e vértices de edificações, sejam nitidamente distinguíveis. Para alcançar tal precisão, o RPAS deve voar em altitudes mais baixas, em estrita conformidade com as regulamentações aéreas locais e as normas de segurança. O ajuste preciso da altitude em função das características da câmera e do GSD desejado é um ato de calibração técnica que garante a qualidade dos dados brutos, em atendimento aos rigorosos padrões de acurácia exigidos para a certificação de parcelas e o uso legal no cadastro.

A definição da janela de voo para o mapeamento de alta precisão deve considerar condições ideais de iluminação e meteorologia. Geralmente, o período compreendido entre 10h e 14h é o mais adequado, pois o sol está em uma posição elevada, o que resulta em sombras mais curtas e menos pronunciadas. A ausência de sombras longas é recomendada para evitar obscurecer detalhes de fachadas, limites de lotes e feições importantes no solo, comprometendo o alinhamento das imagens e a precisão do modelo 3D. Além da posição solar, as condições meteorológicas são determinantes: céus com poucas ou nenhuma nuvem garantem uma iluminação uniforme em toda a área de interesse, evitando variações de brilho e contraste que dificultam o processamento. A baixa velocidade do vento assegura a estabilidade do voo e evita o "efeito borrão" ou *motion blur* nas imagens, garantindo a nitidez necessária para a posterior identificação de pontos de controle e a reconstrução geométrica detalhada, fatores que também devem ser considerados quanto à excessiva velocidade de voo do RPAS. Por outro lado, uma velocidade muito baixa prolonga o tempo de voo, consumindo a bateria e expondo o equipamento a ventos laterais que podem prejudicar a estabilidade da trajetória. A velocidade ideal é calculada com base na altitude de voo, no tempo de exposição da câmera e no intervalo entre as capturas de imagem. Ajustar esses parâmetros em conjunto garante que a aeronave voe em um ritmo que permita a obtenção de fotografias nítidas, com a sobreposição necessária e em um tempo otimizado, assegurando a acurácia e a integridade dos dados para aplicações de alta precisão.

A sobreposição de imagens é um dos pilares da aerofotogrametria com RPAS. Ela se refere à porcentagem de área comum entre fotos consecutivas na mesma faixa de voo (sobreposição longitudinal ou frontal) e entre fotos de faixas adjacentes (sobreposição lateral). Essa redundância visual é a essência do método Estrutura a partir do Movimento (SfM), pois é a sobreposição que permite ao software identificar e rastrear pontos de interesse em múltiplas imagens. Para o mapeamento de alta precisão em ambientes complexos, como áreas urbanas, recomenda-se uma sobreposição longitudinal mínima de 80% e lateral de 70%. Níveis elevados de sobreposição garantem que cada ponto do terreno seja capturado por um número maior de imagens e de diferentes ângulos, o que fortalece a triangulação e a reconstrução geométrica. Essa abundância de dados é crucial para a geração de uma nuvem de pontos densa e para a correta modelagem de estruturas verticais, como fachadas de edifícios e divisas físicas. Uma sobreposição inadequada pode resultar em insuficiência de dados no modelo, distorções nas bordas das imagens e uma acurácia inferior, comprometendo a qualidade final dos produtos e sua validade para aplicações cadastrais.

Na parametrização relacionada à produção de dados geoespaciais com RPAS, o georreferenciamento é uma etapa fundamental. O processo se inicia com a utilização de equipamentos de alta precisão para recepção de sinais do Sistema Global de Navegação por Satélite - GNSS (*Global Navigation Satellite System*), empregando o método RTK (*Real-Time Kinematic*) com o protocolo NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*). Essa abordagem integrada permite a correção em tempo real dos sinais GNSS por meio de uma conexão com uma rede de estações de referência ativa, a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). A correção instantânea busca a significativa acurácia das medições para rigor posicional, com precisão centimétrica ou até milimétrica, adequado ao cadastro. A coordenada planimétrica é referenciada ao SIRGAS 2000, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, e a altimétrica ao Datum Vertical de Imbituba, seguindo o padrão oficial do Brasil.

Na atividade em campo, a acurácia é garantida pela implantação de Pontos de Controle no Terreno - GCP (*Ground Control Point*) e de Pontos de Checagem (*Check Points*), com base no planejamento do voo. A medição das coordenadas desses pontos é feita com equipamentos GNSS de alta precisão. Os Pontos de Controle (GCP) são alvos visíveis, ou foto-identificáveis, como marcações com padrões definidos, instalados em pontos bem distribuídos dentro da área de cobertura do voo. Esses pontos precisam ser bem identificados nas imagens capturadas pelos sensores do RPAS. Os GCP servirão como “amarrações” do modelo fotogramétrico, permitindo que o processamento alinhe os produtos cartográficos digitais (modelos 2D e 3D) com as coordenadas geodésicas reais. Os Pontos de Checagem (*Check Points*) são alvos semelhantes aos GCP, mas não são utilizados no processamento fotogramétrico. A função deles é validar a acurácia do modelo final. Sua posição deve ser conhecida com precisão e eles não podem ser usados no cálculo inicial, servindo para a verificação de qualidade.

Com o planejamento e a implantação dos pontos concluídos, o RPAS realiza o voo de forma autônoma, capturando as imagens de acordo com o padrão de sobreposição definido. Após o voo, as imagens são baixadas juntamente com os dados de posicionamento da câmera (coordenadas brutas). No Processamento Fotogramétrico as imagens são processadas em um software especializado. Para o Alinhamento das Fotos, o software utiliza o algoritmo de Estrutura a partir do Movimento (SfM) para identificar pontos de interesse em cada imagem e criar um modelo esparsa da cena. Esse processo determina a posição e orientação relativas de cada câmera no momento da captura.

Na etapa de inserção dos GCP, as coordenadas precisas dos pontos, obtidas com o GNSS, são inseridas no software. Cada GCP é manualmente identificado em, no mínimo, três imagens diferentes para garantir redundância e precisão. O software usa essas coordenadas para georreferenciar o modelo esparsa, transformando-o de um sistema de coordenadas local e "flutuante" para um sistema de coordenadas geodésico absoluto. Com o modelo georreferenciado, o software refina o alinhamento e gera uma nuvem de pontos 3D densa, que representa com alta fidelidade a geometria do terreno e das construções. A partir da nuvem de pontos densa, são gerados os produtos cartográficos principais, como o ortomosaico (imagem com distorções geométricas corrigidas) e os Modelos Digitais de Elevação, de Superfície (MDS) e do Terreno (MDT).

O Controle de Qualidade e Análise de Acurácia são realizados após a geração dos produtos, com a utilização dos Pontos de Checagem. A posição de cada Ponto de Checagem é medida nos produtos gerados e comparada com as coordenadas de referência medidas em campo. A diferença entre as coordenadas medidas nos produtos e as coordenadas de referência é o erro posicional. A análise desses erros, calculando o Erro Quadrático Médio (RMSE), permite determinar a acurácia do produto final. Essa etapa de verificação é fundamental para validar a qualidade do georreferenciamento e garantir que o produto final atende aos requisitos de acurácia estabelecidos para o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), garantindo o uso dos dados para o cadastro.

O processamento digital fotogramétrico, que se inicia com o georreferenciamento, transforma um conjunto de imagens aéreas em produtos cartográficos digitais de alta acurácia, indispensáveis para o mapeamento cadastral urbano, com base nos requisitos da legislação cartográfica e cadastral brasileira, utilizando-se de programas computacionais especializados através de algoritmos sofisticados, como o Agisoft Metashape e o DJI Terra.

O ortomosaico é um dos produtos mais amplamente utilizados. Trata-se de uma imagem georreferenciada de altíssima resolução, construída pela fusão de centenas ou até milhares de fotografias aéreas individuais. Diferentemente de uma foto aérea convencional, o ortomosaico é ortorretificado, ou seja, todas as distorções geométricas e de perspectiva causadas pelo terreno e pela inclinação da câmera são corrigidas. O resultado é uma imagem que representa a superfície da Terra de forma precisa, reduzindo deformações, como se tivesse sido vista de uma perspectiva perfeitamente vertical e infinita. Sua utilidade é imensa para a interpretação visual, a vetorização de feições, o mapeamento de limites de lotes e a análise de cobertura do solo.

A nuvem de pontos densa (3D) é a representação mais bruta e detalhada da geometria da cena. É um conjunto massivo de pontos georreferenciados (x, y, z) que reproduz com fidelidade a forma e a elevação de cada objeto e da superfície do terreno. Cada ponto na nuvem carrega informações de cor, permitindo a visualização da cena em três dimensões. A nuvem de pontos é a base para a extração de medições lineares, de área e de volume, sendo um recurso primordial para o planejamento de obras, a análise de declividade e a modelagem 3D. Em um contexto cadastral, a nuvem de pontos permite a restituição tridimensional de edifícios, infraestruturas e limites de parcelas, oferecendo uma perspectiva completa e precisa do ambiente urbano.

Complementando a nuvem de pontos, os modelos digitais de elevação fornecem uma representação da topografia contínua e “rasterizada” (formato de imagem digital composto por uma grade de pixels). Existem duas categorias principais: o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS). O MDT representa a elevação baseado na geomorfologia, com a remoção de todos os objetos acima do solo, como árvores e edificações. Sua geração exige um processo de filtragem da nuvem de pontos densa para isolar apenas os pontos que representam o relevo. O MDS representa a elevação de todos os objetos visíveis na superfície, incluindo o terreno, as copas das árvores, edifícios e infraestruturas. A diferença entre o MDS e o MDT, em uma determinada área, revela a altura das edificações e da vegetação, um dado valioso para análises urbanísticas, por exemplo, mas

permite também uma compreensão abrangente da realidade do ambiente mapeado, importante para a gestão territorial.

No contexto do cadastro imobiliário do Município de Fortaleza, na fase do processamento fotogramétrico dos dados coletados com RPAS, busca-se produzir informações com acurácia e validade técnica para fins de gestão territorial e fiscal, sintetizadas nos seguintes produtos cartográficos: Ortomosaico Verdadeiro (TDOM); Nuvem de Pontos Densificada; Modelo Tridimensional Texturizado; Curvas de Nível e Modelos Digitais de Elevação, com amostras representadas na figura 2. As atividades apoiam-se com maior frequência no software DJI Terra (DJI, c. 2024), a partir de dados obtidos com RPAS dos modelos DJI Mavic 3E e DJI Matrice 350 RTK, equipados com sensores RGB e LiDAR.

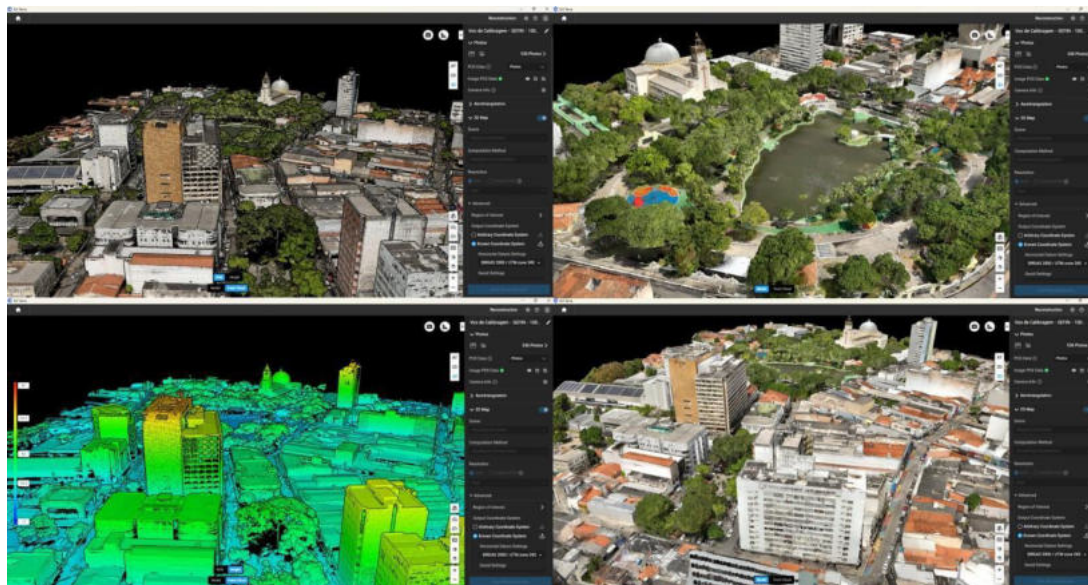


Figura 2. Amostra de produtos cartográficos digitais gerados para o Cadastro Imobiliário do Município de Fortaleza: bairro Centro

Sequencialmente, o processo se inicia com a verificação dos dados brutos coletados em campo, o que inclui tanto as imagens quanto os pontos de apoio (de controle e checagem). A inspeção da qualidade das imagens abrange a análise da exposição, uniformidade de cores e nitidez. A checagem dos metadados de posicionamento e orientação (POS), angulação e possíveis falhas de captura é crucial para a integridade do projeto. Paralelamente, é realizada a análise dos pontos de apoio, verificando a acurácia posicional, a completude dos dados, o sistema de referência e a distribuição estratégica na área do terreno. Para essa etapa, softwares como o QGIS e o *Google Sheets* podem ser utilizados para uma análise inicial e visualização (Turner et al., 2014).

Em seguida, as imagens são carregadas no software por meio do menu de importação. Após o carregamento, se analisa o posicionamento das imagens e verifica-se as possíveis falhas de leitura nos dados POS, que possam ocasionar o posicionamento incorreto das imagens no mapa de pré-visualização. Caso os dados sejam carregados com sucesso e o posicionamento

esteja dentro do esperado, procede-se para a aerotriangulação das imagens. Essa é uma etapa crucial do processamento, pois, através do processo de estereoscopia, o software identifica múltiplos pontos de interesse com base na sobreposição de diversas imagens. Isso permite estimar a posição tridimensional de um determinado ponto na superfície, transformando-o de um pixel bidimensional em um ponto tridimensional (Westoby et al., 2012). A partir da aerotriangulação, é gerada uma nuvem de pontos esparsa, juntamente com o alinhamento das imagens, o que possibilita a execução das etapas subsequentes.

Após a aerotriangulação, é possível adicionar os pontos de apoio, responsáveis por corrigir a acurácia posicional absoluta do modelo. A importação dos pontos realiza-se considerando os formatos aceitos pelo software. Uma vez importados, verifica-se a quantidade de imagens em que cada ponto é visível, sendo recomendável que pelo menos dez imagens distintas tenham capturado o alvo. Números inferiores podem indicar baixa sobreposição, falha do software em visualizar os pontos ou divergência entre os sistemas de referência (Turner et al., 2014). A marcação dos pontos de apoio deve ser feita em seus respectivos alvos, com a literatura pertinente recomendando a utilização de pelo menos cinco pontos de controle e três de verificação para áreas de até dez hectares (Nex & Remondino, 2014). Para otimizar o processo, o programa possui uma ferramenta de automarcação, mas que, em geral, requer pelo menos três marcações manuais para fornecer ao algoritmo do software informações de referência suficientes.

Após a marcação, define-se quais pontos atuarão como pontos de controle, que servem como referência de alta precisão para a ancoragem do modelo, e quais serão os pontos de checagem, que atestarão a acurácia posicional absoluta do modelo, mensurando o posicionamento final em comparação com valores previamente conhecidos. A disposição dos pontos de controle deve ser estratégica, localizados preferencialmente próximos aos vértices da área mapeada e no centro, enquanto os pontos de checagem devem se posicionar de forma uniforme no terreno. Em seguida, uma nova aerotriangulação é executada, agora considerando os pontos de apoio adicionados (DJI, c. 2024).

Com a aerotriangulação otimizada, a análise crítica do Relatório de Qualidade gerado pelo DJI Terra é a próxima ação mandatória. Este documento é a "certidão de nascimento" da acurácia do projeto, e sua interpretação correta determina a viabilidade de todo o processamento subsequente. A qualidade da aerotriangulação estabelece o teto máximo de acurácia para todos os produtos derivados, pois erros e incertezas nesta fase se propagam nas etapas de densificação, modelagem e ortorretificação. O relatório fornece métricas como o *Reprojection Error RMS*, que avalia a consistência interna do modelo, o *Georeferencing RMSE*, que expressa a diferença entre as posições estimadas da câmera e as GNSS de bordo, e, de forma mais crucial, os *GCP & Check Point Errors*, que quantificam o erro quadrático médio (RMSE) entre as coordenadas de alta precisão de campo e as posições calculadas no modelo 3D ajustado. Esses valores representam a medida direta da acurácia absoluta do levantamento, transformando a acurácia relativa, que é a consistência interna do modelo, em uma acurácia absoluta, alinhada com o mundo real e com o SIRGAS 2000, essencial para aplicações de engenharia, topografia e cadastro. Os pontos de checagem servem como uma validação independente e imparcial dessa acurácia (Turner et al., 2014).

A próxima etapa é a geração da nuvem de pontos densificada, do Ortomosaico Verdadeiro e do Modelo 3D Texturizado. Partindo da nuvem de pontos esparsa e das orientações de câmera otimizadas, o algoritmo de *Multi-View Stereo* (MVS) calcula informações de profundidade para quase todos os pixels em cada imagem, resultando em uma nuvem de pontos extremamente densa que representa detalhadamente a superfície de todos os objetos (DJI, c. 2024). Essa nuvem de pontos é a matéria-prima para a geração de outros produtos cartográficos.

O Ortomosaico Verdadeiro (TDOM) é criado a partir de um processo de fusão de imagens georreferenciadas. Diferente de um ortomosaico convencional que pode apresentar inclinações em objetos verticais, o TDOM, gerado por programas como o DJI Terra, utiliza as informações 3D para corrigir essas distorções, resultando em uma imagem onde todos os objetos são vistos de uma perspectiva nadiral, o que é crucial para a medição precisa da área de ocupação de telhados e bases de edifícios, fundamental para o cadastro urbano (DJI, c. 2024). A nuvem de pontos densa é a base para a extração dos Modelos Digitais de Elevação. O Modelo Digital de Superfície (MDS) representa a elevação de tudo o que está na superfície, incluindo o topo da vegetação e as edificações. Já o Modelo Digital de Terreno (MDT) representa a superfície nua do solo, exigindo um processo de filtragem da nuvem de pontos para remover objetos acima do solo. O MDT é essencial para aplicações de engenharia, hidrologia e planejamento. A partir do MDT, as Curvas de Nível são geradas, com sua equidistância normatizada (Decreto nº 89.817/84).

A validação final do produto cartográfico é um processo crítico que garante sua adequação e legalidade. O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) estabelece as diretrizes para essa avaliação, com base na análise estatística dos erros planimétricos e altimétricos dos pontos de checagem. O Erro Médio Quadrático (RMS) é calculado e comparado com os valores normatizados para determinar a classe de acurácia (Classe A, B ou C). A verificação independente através de softwares como o GeoPec (Geopac, 2024) permite a geração de relatórios completos que validam a acurácia posicional do modelo, tornando o produto adequado para a administração fazendária. A exportação dos produtos em formatos padrão, como GeoTIFF para ortomosaicos e modelos de elevação, LAS/LAZ para nuvens de pontos e DXF/SHP para curvas de nível, garante a máxima interoperabilidade com os sistemas de informação geográfica (SIG). O processo culmina com a entrega de uma documentação técnica completa, incluindo o Relatório de Qualidade do software e um Relatório de Validação de Acurácia Posicional, que atestam a robustez e a transparência do trabalho executado.

4. PROJETO PILOTO PARA A PRODUÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS: O CASO DO CONDOMÍNIO OSVALDO STUDART

Para validar a aplicação prática de **RPAS** (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) na atualização e qualificação cadastral, foi conduzido um projeto piloto no Condomínio Osvaldo Studart, localizado no bairro Raquel de Queiroz, na porção centro-sudoeste do Município de Fortaleza (Figura 3). A metodologia empregada utilizou um equipamento da linha de consumo, o

modelo **DJI AIR 2**. O planejamento do voo foi realizado a uma **altitude de 120 metros**, com uma alta **sobreposição frontal (80%) e lateral (70%)**, resultando em uma **Resolução Espacial do Solo (GSD) de 2,1 cm por pixel**. O voo, com duração de 15 minutos e aquisição de 156 fotografias aéreas, teve o processamento fotogramétrico realizado com o software de código aberto **Open Drone Map**. Contudo, o comprometimento dos resultados ideais do projeto, adequados aos padrões técnicos e normativos, foi a **ausência de Pontos de Controle no Terreno (GCP)**, decorrente de limitações de recursos materiais especializados, notadamente receptores GNSS de alta precisão, essenciais para o georreferenciamento de acurácia.

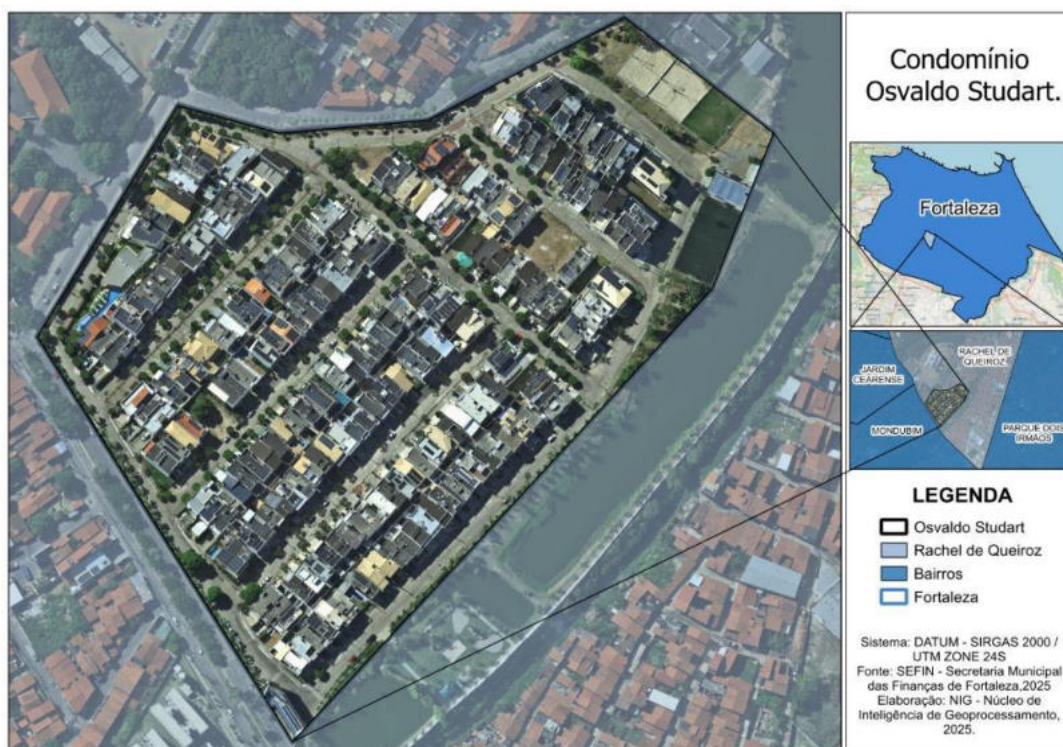


Figura 3. Condomínio Osvaldo Studart

O projeto piloto obteve resultados práticos significativos, confirmando o potencial da tecnologia para fins cadastrais. O aerolevantamento revelou **discrepâncias** substanciais entre os dados registrados no cadastro imobiliário e a realidade em campo. Conforme o Quadro 3, a pesquisa identificou **152 novas edificações** ainda não cadastradas, demonstrando um impacto fiscal imediato e a relevante capacidade da geotecnologia na captura dos dados sobre o território, materializando a atualização cadastral (Figura 4). Este sucesso prático na identificação de alterações não foi, contudo, completo devido à limitação de ordem técnica. A aplicação da geotecnologia demonstrou sua eficácia para a **identificação da desatualização cadastral**, mas o georreferenciamento insuficiente, a carência de GCP de alta acurácia, não garantiu aos produtos cartográficos gerados a **acurácia absoluta** necessária para a

certificação legal do cadastro, conforme exigido pela ABNT NBR 14166 (2019). O problema exposto limita a aplicação plena do projeto e impede que os dados sejam integrados de forma precisa ao **Sistema de Informações Territoriais de Fortaleza (SITFOR)**, comprometendo a qualificação cadastral completa e a segurança jurídica das informações.

Quadro 3. Comparativo do Cadastro Imobiliário do Condomínio Osvaldo Studart antes e depois do Aerolevanteamento

Tipo de Lote	Cenário Pré-Aerolevanteamento	Cenário Pós-Aerolevanteamento
Lotes Territoriais (sem edificação)	168	16
Lotes Prediais (com edificação)	59	211 (59 já cadastrados + 152 novos)
Total de Lotes Particulares	227	227

Fonte: Dados do projeto piloto no Condomínio Osvaldo Studart.

O projeto, enquanto prova de teste do potencial da geotecnologia de RPAS para a atualização cadastral, evidenciou também uma notável otimização nos custos para obtenção de dados geoespaciais qualificados, incidindo os custos praticamente somente no deslocamento. O principal benefício do estudo de caso é a demonstração inequívoca de que, mesmo com **RPAS da linha de consumo** e sem o rigor da acurácia posicional absoluta, a tecnologia pode ser um insumo valioso para a gestão pública. Ela enseja agilidade e qualidade na coleta de dados e na produção de informações pertinentes como insumo cadastral, com investimentos bem mais modestos em comparação com operações aerofotogramétricas tripuladas. No entanto, a limitação de "recursos" que comprometeu o georreferenciamento reflete uma **barreira técnica mais ampla** para a adoção de tecnologias de ponta em municípios brasileiros. O projeto relevou que as limitações técnicas relacionadas aos equipamentos especializados para a realização do adequado georreferenciamento, necessário para tornar os resultados legalmente válidos para um CTM, ainda representa um desafio técnico, financeiro e de capacitação para a administração pública. A experiência reitera que o investimento na tecnologia de aquisição deve ser acompanhado por um investimento em recursos materiais, **rigor metodológico** e na **capacitação de pessoal** para que a modernização do cadastro seja integral e eficaz.

A restrição da **acurácia relativa** dos produtos gerados impõe uma limitação técnica significativa. Enquanto a detecção de feições (como a existência de uma nova edificação) foi altamente eficaz, cumprindo o requisito de **atualização temática**, a ausência de GCP impede a conversão da nuvem de pontos esparsa em um modelo com fidelidade posicional no sistema geodésico **SIRGAS 2000**. Desse modo, a precisão da localização dos limites das novas parcelas (o requisito de **qualificação geométrica**) permanece incerta. A integração desses dados no SITFOR sem a devida acurácia absoluta levaria a um desalinhamento com a base cartográfica existente, propagando erros e comprometendo a integridade de todas as análises geoespaciais subsequentes. Isso sublinha a distinção fundamental entre o mapeamento para **identificação** (que requer alta resolução espacial) e o mapeamento para **certificação legal** (que exige alta acurácia posicional), sendo esta última imperativa para a garantia da segurança jurídica do cadastro imobiliário.

Dessa forma, o estudo de caso estabelece um **paradoxo de custo-benefício** para a gestão pública municipal. Embora o baixo custo do RPAS de consumo demonstre a viabilidade

econômica para a **pré-qualificação cadastral** e para alimentar a fiscalização com dados atualizados, o custo marginal de adquirir e operar equipamentos **GNSS de precisão (RTK/PPK)**, juntamente com a capacitação técnica para seu uso e processamento, é o divisor de águas entre um insumo de gestão e um produto cartográfico com **valor legal pleno**. A superação dessa lacuna técnica – que reside não na aeronave em si, mas na infraestrutura de georreferenciamento de solo – deve ser a prioridade estratégica da administração municipal para concretizar a modernização do CTM e garantir que os dados gerados sejam não apenas informativos, mas juridicamente defensáveis e plenamente integráveis ao sistema de informações territoriais.

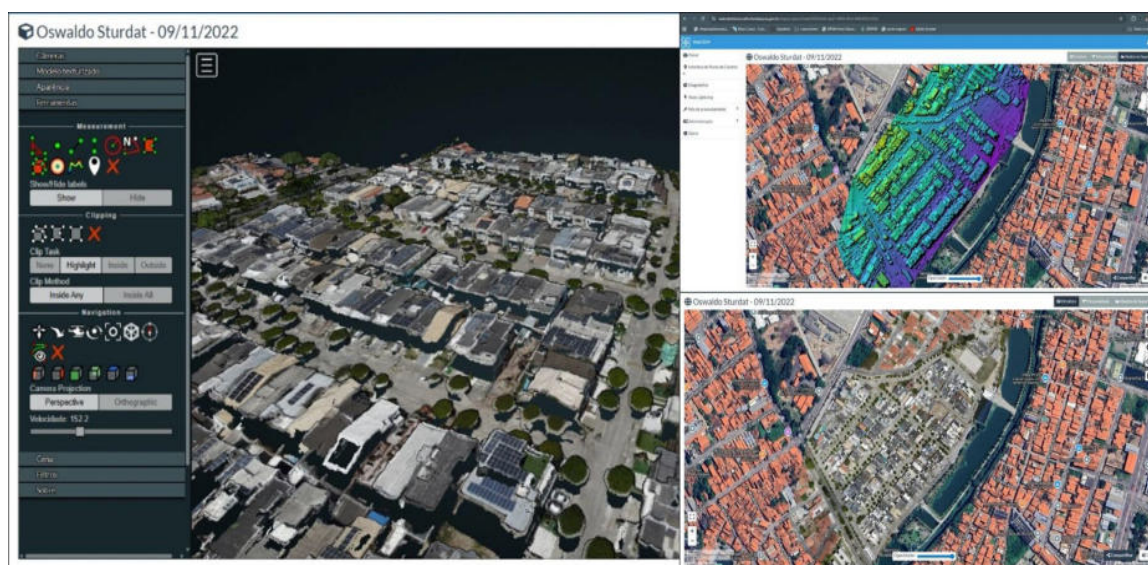


Figura 4. Condomínio Oswaldo Studart: produtos cartográficos digitais (MDS, ortomosaico e modelo 3D)

Fonte. Acervo autoral

5. DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A MODERNIZAÇÃO CADASTRAL

Embora a tecnologia para a produção de dados geoespaciais com RPAS esteja disponível e seja eficaz, a plena implementação de um **Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM)** de alta qualidade no Brasil ainda enfrenta desafios significativos de ordem regulatória, institucional e legal. Um dos principais obstáculos reside na **regulamentação para atividades de aerolevanteamento**. As operações de RPAS em áreas urbanas densamente povoadas são rigorosamente reguladas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), exigindo certificação de aeronaves e autorização prévia de voo. As atividades de aerolevanteamento dependem, ainda, da inscrição da instituição no Ministério da Defesa e da aprovação posterior dos projetos de aquisição de imagens aéreas do território nacional. Embora essenciais para a segurança, essas exigências burocráticas podem se tornar barreiras intransponíveis para municípios com equipes técnicas

175

João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

e recursos reduzidos. Além disso, a **Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)** impõe restrições ao tratamento e à divulgação de imagens aéreas de alta resolução que possam permitir a identificação de pessoas ou propriedades privadas, adicionando uma camada de complexidade jurídica ao processo.

Souza et al., (2020), Reginato et al. (2020) e Paixão, (2021) desvendam, também, as barreiras institucionais e de governança, quando discorrem sobre a implementação de um CTM e do **Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER)** requerer uma governança cooperativa e intersetorial, envolvendo a articulação entre secretarias municipais e órgãos federais. Da mesma forma, falta de **recursos humanos qualificados** em áreas como fotogrametria e geoprocessamento é um dos principais entraves à consolidação de cadastros multifinalitários no país. A ausência de capacitação técnica compromete tanto a aquisição de dados de forma normatizada quanto o seu processamento e posterior integração em sistemas de gestão territorial, resultando em dados de baixa qualidade e legalmente indefensáveis.

Ferreira, Farias & Oliveira (2018) relevam que a complexidade das cidades modernas, com sua intensa verticalização e a sobreposição de direitos, torna a representação bidimensional do cadastro insuficiente. O espaço urbano conta com construções que ocupam espaços acima e abaixo da superfície, desafiando a representação tradicional. Nesse contexto, Gonçalves et al. (2024), Lemmen et al. (2010) e Van Oosterom et al. (2011) contribuem explicando que a capacidade dos RPAS de gerar **nuvens de pontos e modelos digitais 3D** emerge como a base técnica para a gestão de propriedades em três dimensões, alinhada com o **Modelo de Domínio de Administração de Terras (LADM)** e a **Administração de Terras 3D (3DLA)**. A tecnologia para a produção de dados 3D, como a combinação de RPAS com **LiDAR**, está consolidada e em constante aprimoramento, oferecendo soluções robustas para a captura de geometrias complexas em ambientes urbanos.

Argumentam Ferreira, Farias & Oliveira (2018) que o principal desafio para a implementação de um cadastro 3D no Brasil não é tecnológico, mas **legal e cultural**, pois o arcabouço jurídico brasileiro ainda se baseia em conceitos bidimensionais de propriedade e registro. A modernização tecnológica serve como um catalisador que expõe a urgência das reformas legais e institucionais. O investimento em RPAS e outras tecnologias 3D gera dados que não podem ser plenamente aproveitados pelo sistema cadastral atual, forçando a discussão sobre a necessidade de adaptar a legislação, a cultura de governança e a capacitação profissional (Quadro 4). A solução mais viável para o contexto brasileiro é a adoção de um **modelo de cadastro híbrido 2D/3D**, que associa o cadastro 2D tradicional com informações 3D para as situações que as exigirem.

Adicionalmente, a falta de padronização na produção e entrega de dados geoespaciais em nível municipal cria um ambiente de insegurança e dificulta a interoperabilidade entre sistemas. A insuficiência de **normatização abrangente e unificada** para a aquisição de dados por RPAS em âmbito municipal compromete a qualidade e a confiabilidade dos produtos finais, limitando sua utilização em processos administrativos críticos. A adoção de diretrizes técnicas e operacionais inteligíveis, que estabeleçam os requisitos de acurácia, GSD e metadados, é fundamental para garantir que os dados gerados sejam precisos, compatíveis e auditáveis por diferentes órgãos e plataformas. Essa padronização deve ser o foco de políticas

públicas que visam à modernização do setor, assegurando a transparência e a segurança jurídica das informações territoriais.

Quadro 4. Matriz de Desafios e Soluções para a Implementação de um CTM e Cadastro 3D no Brasil

Desafio	Descrição	Soluções
Legal	Regulamentação complexa para RPAS; Arcabouço legal 2D para a propriedade 3D.	Regulamentação municipal para RPAS; discussões legais e culturais sobre a propriedade e registro 3D; harmonizar a LGPD.
Institucional	Falta de governança cooperativa entre órgãos; Escassez de recursos humanos qualificados.	Cooperação entre secretarias e órgãos federativos (SINTER); capacitação profissional e programas de treinamento em geotecnologias.
Tecnológico	Dificuldade de integração e interoperabilidade de dados; metodologias incompletas.	Adotar padrões abertos e modelos de dados como o LADM para garantir interoperabilidade; metodologias completas para a acurácia absoluta e validade jurídica.
Financeiro	Alto custo de aquisição e manutenção de tecnologias avançadas	Investimentos em soluções otimizadas e de baixo custo para execução de projetos.
Social	Desconexão entre o cadastro oficial e a realidade informal; exclusão de comunidades no processo de mapeamento.	Utilizar as novas normativas (parcelas não-certificadas) para incluir áreas informais; fomentar o mapeamento participativo e a cartografia comunitária como insumo para o CTM.

Fonte. Elaborado com base nos documentos citados.

Finalmente, a transição para um **cadastro 3D** representa mudanças que incorpore tecnologias, mas que haja redefinição de conceitos, como de propriedade e sobre outras dimensões espaciais no uso do solo, como sobre pavimentos além da superfície e subsolos. A tecnologia fotogramétrica com RPAS, ao prover dados em três dimensões, evidencia as limitações da legislação vigente, que trata a propriedade principalmente em termos de área de superfície. A capacidade de modelar com precisão volumes de edificações, infraestruturas, limite de lotes e propriedades, por exemplo, enseja possibilidades para qualificação da gestão fiscal, do planejamento urbano, e o desenvolvimento sustentável. O desafio, portanto, é traduzir compatibilizar avanço tecnológico, segurança **jurídica e relevância social e econômica**, convencendo gestores e legisladores da necessidade de investir em recursos materiais e humanos, mas também na infraestrutura legal e cultural para a integração desses dados inovadores na gestão das cidades.

6. CONCLUSÃO

A análise aprofundada da aplicação de **RPAS** na gestão territorial, com foco no estudo de caso do cadastro imobiliário do Município de Fortaleza, demonstra que a integração de **geotecnologias** beneficia a modernização do **Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM)**. O projeto piloto, ao identificar **152 edificações não cadastradas** em uma pequena área, provou o potencial da tecnologia para gerar impacto fiscal positivo e aprimorar o planejamento urbano, principalmente quando intrinsecamente condicionado à sua aplicação sob um rigoroso

177

João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

contexto metodológico, sendo indispensável ferramentas para obtenção de dados com alta **acurácia relativa e absoluta**, necessárias para a certificação legal e a integração plena em um CTM de alta qualidade. Limitações técnicas comprometem a validade jurídica da informação decorrente, sobretudo na captura de alta resolução e na aderência a padrões geodésicos.

A transição de um cadastro 2D para um **Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM)** e, subsequentemente, para um **modelo híbrido 2D/3D** é o caminho natural e tecnicamente necessário para as cidades que buscam uma governança mais inteligente e eficiente. As novas normativas brasileiras, notadamente a **Portaria nº 3.242/2022** e a **ABNT NBR 17047-2022**, criaram um ambiente regulatório propício para essa evolução. Ao flexibilizar a representação da parcela e introduzir o conceito de "objeto territorial", o arcabouço normativo se torna mais inclusivo e funcional, abrindo espaço para a integração de dados de diferentes fontes e precisões no sistema cadastral.

A modernização se apoia nas novas tecnologias, mas está condicionada à superação de barreiras institucionais, legais e de capacitação dos recursos humanos. Como recomendações estratégicas para a gestão pública a revisão dos estudos apontou, primeiramente, que é fundamental **investir em metodologia completa e normatizada**, para garantir que os produtos cartográficos atendam ao **Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)** e obtenham a validade jurídica indispensável para a modernização do CTM. Em segundo lugar, torna-se imprescindível a **adoção de novas normas de regulamentação**, em que os municípios devem internalizar as diretrizes da Portaria nº 3.242/2022 e da ABNT NBR 17047-2022, regulamentando em nível municipal o uso dos conceitos de "parcela certificada" e "parcela não certificada", permitindo a integração coerente de dados de diferentes acurácias. No âmbito da **capacitação e fortalecimento da governança**, deve-se investir prioritariamente na formação de equipes técnicas qualificadas em fotogrametria, geotecnologias e geoprocessamento. Além disso, é fundamental fortalecer a **cooperação interinstitucional** para garantir a interoperabilidade dos dados, a transparência e a manutenção contínua do CTM.

Para a gestão de dados tridimensionais, torna-se imprescindível para os municípios capitalizar sobre a **tecnologia 3D disponível**, utilizando soluções de alto desempenho (combinação de RPAS e tecnologia LiDAR), acompanhado pela imediata discussão legal e cultural visando a transição para um **modelo de cadastro híbrido 2D/3D**, contribuindo para uma gestão mais completa da realidade urbana, abordando formalmente edificações, direitos de superfície e os limites de propriedades, qualificando as forma de representação.

A modernização cadastral é um investimento estratégico fundamental à gestão pública, provendo informações territoriais de alta qualidade, multifinalitárias e com segurança jurídica. Com isso, estabelecem-se as bases para um desenvolvimento urbano ordenado e sustentável, sendo também um pilar para a promoção da justiça fiscal. Em uma metrópole dinâmica como Fortaleza, essa justiça é alcançada pela capacidade do cadastro em espelhar as constantes mutações do espaço urbano, garantindo que as características de cada imóvel sejam aferidas com isonomia e que a receita gerada seja revertida de forma equitativa para a coletividade.

REFERÊNCIAS

178

João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

ABNT. (2019). NBR 14166: Informação geográfica – Padrão de exatidão cartográfica. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

ABNT. (2022). NBR 17047: Informação geográfica – Cadastro territorial para registro público. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

BRASIL. (1967). Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. (1984). Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. (2022). Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Aprova as diretrizes para criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM nos municípios brasileiros. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 nov. 2022. Seção 1, p. 20.

BRASIL. (2025). Lei Complementar nº 214, de 2025. Dispõe sobre a instituição do Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) e da Contribuição sobre Bens e Serviços (CBS), no contexto da Reforma Tributária. Brasília, DF: Congresso Nacional.

Cáceres, A. P. et al. (2022). Controle de qualidade posicional de produtos cartográficos digitais: uma abordagem baseada na NBR 14166:2019. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 28, n. 1, e2022002.

Câmara, G. & Davis, C. (2020). Políticas de informação para a sociedade digital: o caso das informações geográficas. In: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Eds.). Geoinformação para o planejamento territorial. São José dos Campos: INPE.

Carneiro, A. F. T. (2003). Cadastro imobiliário e registro de imóveis: a Lei 10.267/2001, Decreto 4.449/2002 e atos normativos do INCRA. Porto Alegre.

Dale, P. & McLaughlin, J. 1999. Land information management: an introduction with special reference to cadastral problems in Third World countries. Oxford: Oxford University Press.

DJI. (2019). DJI Terra. Disponível em: <<https://www.dji.com/dji-terra>>. Acesso em: 25 set. 2025.

Enemark, S. (2019). Cadastre 2014 and beyond. Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG).

Erba, D. A. (2021). Para compreender o solo urbano: cadastros multifinalitários para o planejamento e o desenvolvimento das cidades na América Latina. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.

Ferreira, B., Farias, J. L. P. & Oliveira, F. H. (2018). O estado da arte do cadastro 3D no Brasil e no mundo. In: 13º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, Florianópolis.

Fortaleza. (2013). Lei Complementar nº 159, de 23 de dezembro de 2013. Institui o Código Tributário do Município de Fortaleza. Fortaleza: Câmara Municipal.

Fortaleza. (2015). Decreto nº 13.716, de 22 de dezembro de 2015. Aprova o Regulamento do Código Tributário do Município de Fortaleza. Fortaleza: Prefeitura Municipal.

Fuckner, M. A. et al. (2021). A importância da acurácia cartográfica no contexto do cadastro territorial multifinalitário. In: Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos. São José dos Campos: INPE, p. 3045-3048.

GEOPAC. (2024). [s.d.]. GeoPec. Disponível em: <<https://www.geopac.com.br/geopac>>. Acesso em: 25 set. 2025.

Gonçalves, E. M. et al. (2024). Análise do registro de nuvens de pontos obtidas por SVLT e por VANT para aplicação no cadastro territorial multifinalitário. Revista Brasileira de Cartografia, v. 76.

Jesus, A. S. & Fuckner, M. A. (2020). Cadastro técnico multifinalitário: fundamentos, aplicações e perspectivas. 2. ed. Curitiba: Editora CRV.

Lemmen, C. et al. (2010). The Land Administration Domain Model (LADM): a conceptual model for land administration. Computers, Environment and Urban Systems, v. 34, n. 2, p. 110-123.

Loch, C. & Erba, D. A. (2007). Cadastro técnico multifinalitário rural e urbano. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.

Longley, P. A. et al. (2015). Geographic information science & systems. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

Mancini, F. et al. (2013). Using unmanned aerial vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: the structure from motion approach on coastal environments. Remote Sensing, v. 5, n. 12, p. 6880-6898.

Mbarga, T. C. et al. (2024). Integration of geospatial data of UAVs in cadastral management system and regularization of illegal occupations in informal settlements. African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences, v. 7, n. 2, p. 112-129.

- Neves, A. F. S. (2018). Infraestrutura de dados espaciais (IDE): conceitos, evolução e tendências. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 36, p. 108-122.
- Nex, F. & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, v. 6, n. 1, p. 1-15.
- Paixão, M. P. (2021). Cadastro territorial multifinalitário: fundamentos conceituais e aplicação em municípios brasileiros. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 2, p. 421-442.
- Reginato, L., Almeida, C., & Barros, R. 2020. Avanços e desafios na implementação do cadastro territorial multifinalitário no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 12, p. 1-18.
- Santos, S. D. R. et al. (2025). Um modelo semântico e ontológico para o cadastro territorial brasileiro. *AKR Advances on Knowledge Representation Journal*, v. 5, n. 2.
- Silva, S. D. R. S. & Antunes, A. F. B. (2020). O cadastro territorial multifinalitário no contexto dos processos de regularização fundiária urbana. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 2, p. 233-252.
- Siqueira, H. L. et al. (2020). Acurácia de produtos fotogramétricos gerados com aeronave remotamente pilotada em relevo acidentado. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72.
- Souza, D. V. et al. (2020). O potencial do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (Sinter) como ferramenta de transparência e integração de cadastros. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 3.
- Coelho, L. C. T. et al. (2025). As novas normativas do cadastro territorial multifinalitário no Brasil como ferramentas de planejamento e gestão urbanos participativos. *E-metropolis – Revista Eletrônica de Estudos Urbanos e Regionais*, v. 16.
- Turner, D. et al. (2014). Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 52, n. 5, p. 2738-2745.
- Van Oosterom, P. et al. (2011). 3D Cadastres: an overview. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 35, n. 6, p. 419-425.
- Westoby, M. J. et al. (2012). Structure-from-motion photogrammetry: a low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, v. 179, p. 300-314.
- Williamson, I. et al. (2010). Land administration for sustainable development. Redlands: ESRI Press.

NOTAS BIOGRÁFICAS

181

João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, graduado em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Brasil, com especialização em Geoprocessamento na PUC/Minas, Minas Gerais, Brasil, especialização em Aerofotogrametria com drones em curso na Faculdade Anhanguera, São Paulo, Brasil, e analista de geoprocessamento lotado no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN), Ceará, Brasil.

Ana Carla Queiroz Paiva, graduada em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), Brasil, mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), Brasil, com especialização em Tributação pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Ceará, Brasil, especialização em Geoprocessamento em curso na Universidade Federal do ABC, São Paulo, Brasil, e supervisora de núcleo lotada no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN).

Antônio Borges da Silva, graduando em Geografia na Universidade Estadual do Ceará (UECE) e estagiário lotado no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN).

Charles Benedito Gemaque Souza, graduado e mestre em Geografia, doutorando em Ciências Ambientais na Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil, e analista fazendário lotado no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN).

Davi Diniz Silva Marcelino, graduado em Geografia e especialização em Geoprocessamento em curso na Universidade Federal do ABC, São Paulo, Brasil, e analista fazendário lotado no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN).

Elizete de Oliveira Santos, graduada em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) e doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), e analista fazendária lotado no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN).

João Sérgio Queiroz de Lima, graduado em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) e doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), e analista fazendário lotado no Cadastro Imobiliário da Secretaria das Finanças de Fortaleza (SEFIN).

Rebecca Nogueira Lopes, graduada e mestre em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), doutoranda em Geografia na Universidade Estadual do Ceará (UECE).

CONTATOS

Adhler Rouvanni Torres Martins Costa. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil. E-mail: adhler.costa@sefin.fortaleza.ce.gov.br

182

João Sérgio Queiroz de Lima, Adhler Rouvanni Torres Martins Costa, Ana Carla Queiroz Paiva, Charles Benedito Gemaque Souza, Davi Diniz Silva Marcelino, Elizete de Oliveira Santos, Antônio Borges da Silva and Rebecca Nogueira Lopes

Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Ana Carla Queiroz Paiva. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil
E-mail: ana.carla@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Antônio Borges da Silva. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil
E-mail: antonio.borges@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Charles Benedito Gemaque Souza. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil E-mail: charles.souza@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Davi Diniz Silva Marcelino. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil. E-mail: davi.marcelino@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Elizete de Oliveira Santos. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil. E-mail: elizete.santos@sefin.fortaleza.ce.gov.br

João Sérgio Queiroz de Lima. Secretaria das Finanças do Município de Fortaleza. Rua Gal. Bezerril, 755, Centro - Fortaleza/CE/Brasil. E-mail: joaosergio1980@gmail.com

Rebecca Nogueira Lopes. Universidade Estadual do Ceará – UECE. Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Campus do Itaperi. Fortaleza/CE/Brasil. E-mail: rebecca.geografa@gmail.com

Metrologia Instrumental e Processamento de Dados com AstGeoTop para Redes Topográficas de Precisão

Juyara Bezerra de ARAUJO, Janaína Carvalho Peixoto CRUZ, Andréa DE SEIXAS, Lucas Gonzales Lima Pereira CALADO, Isaac RAMOS JUNIOR, Brasil

Palavras-chaves: Metrologia Geodésica, Redes Topográficas de Precisão, Método da Poligonação, Parcelas Territoriais.

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação do software AstGeoTop no processamento de uma rede topográfica de precisão. O objetivo foi detalhar o processamento da poligonal, avaliar a acurácia e confiabilidade dos dados e analisar a compatibilização entre técnicas topográficas e geodésicas, em conformidade com normas atualizadas. A análise comparativa evidenciou discrepâncias significativas entre os métodos, com variações de até 11,61 cm na coordenada X e 4,24 cm na coordenada Y, além de diferenças em ângulos internos, distâncias, perímetro e área. Fatores como tempo de rastreamento, obstruções físicas e efeitos de multicaminho afetaram o desempenho do GNSS PPP, enquanto a estação total apresentou limitações relacionadas a erros de fechamento angular de $-1^{\circ}30,8''$ para uma poligonal com amplitude linear mínima de 3,311m e máxima de 9,860m. Os resultados confirmam a viabilidade e eficiência da integração entre métodos terrestre e espacial na definição de redes de alta precisão, destacando o potencial do AstGeoTop para otimizar o processamento, análise e visualização de dados. Sendo útil para aplicações de cadastros territoriais, monitoramento de estruturas, projetos de infraestrutura e atividades acadêmicas.

ABSTRACT

This paper presents the application of AstGeoTop software to the processing of a precision topographic network. The objective was to detail the polygon processing, evaluate the accuracy and reliability of the data, and analyze the compatibility between topographic and geodetic techniques, in accordance with updated standards. The comparative analysis revealed significant discrepancies between the methods, with variations of up to 11.61 cm in the X coordinate and 4.24 cm in the Y coordinate, as well as differences in internal angles, distances, perimeter, and area. Factors such as tracking time, physical obstructions, and multipath effects affected the GNSS PPP performance, while the total station presented limitations related to angular closure errors of $-1^{\circ}30.8''$ for a polygon with a minimum linear amplitude of 3,311m and a maximum of 9,860m. The results confirm the feasibility and efficiency of integrating terrestrial and space-based methods in defining high-precision networks, highlighting the potential of AstGeoTop to optimize data processing, analysis, and visualization. It is useful for land registry applications, structural monitoring, infrastructure projects, and academic activities.

Metrologia Instrumental e Processamento de Dados com AstGeoTop para Redes Topográficas de Precisão

Juyara Bezerra de ARAUJO, Janaína Carvalho Peixoto CRUZ, Andréa DE SEIXAS, Lucas Gonzales Lima Pereira CALADO, Isaac RAMOS JUNIOR, Brasil

12. INTRODUÇÃO

A implantação de uma rede topográfica de precisão é útil para diversas áreas da Topografia e Geodésia, como o monitoramento de estruturas, levantamento topográfico ou geodésico, cadastro territorial, projetos de infraestruturas, além de servir como experimento utilizado nas aulas práticas de Topografia (Araujo et al., 2025).

Esse estudo tem como principal objetivo apresentar a aplicação do software AstGeoTop (Garnés, 2025), nos diversos módulos computacionais desenvolvidos, envolvendo o processamento, por exemplo, neste trabalho, de uma rede topográfica, no caso singular do método da poligonação, com dados advindos de medições realizadas com estação total, detalhando o passo a passo do processamento nas suas diferentes fases. Ressaltando-se o processamento dos dados e como este software pode ser aplicado na definição e no controle de redes topográficas de precisão, otimizando o processamento dos dados e visualização dos resultados. O Georreferenciamento da poligonal implantada foi realizada com a utilização de receptores de dupla frequência L1 e L2 no modo GNSS PPP. Este último método espacial foi escolhido inicialmente uma vez que este modo pode ser utilizado quando não existem bases de apoio passivas ou ativas nas imediações da implantação das redes.

O uso combinado da estação total e dos receptores GNSS é essencial para a comparação dos resultados obtidos em ambos levantamentos e minimização de erros sistemáticos, pois enquanto a estação total traz medições precisas de ângulos e distâncias em áreas com visibilidade direta, o GNSS traz coordenadas precisas sem a necessidade de visada entre os pontos, sendo útil em levantamentos de grande escala e em locais de difícil acesso (Cruz et al., 2025).

A comparação e compatibilização dos métodos topográfico e geodésico, que apesar de se correlacionarem são diferentes, é essencial para análise da eficiência e a acurácia de cada método. O método topográfico com o uso da estação total tem a finalidade de medir pequenas áreas desprezando a curvatura terrestre. O método geodésico com o uso de GNSS, no entanto, é aplicado ao levantamento de grandes áreas, levando em consideração um elipsóide de revolução. Ambas as técnicas são vinculadas a um Sistema Geodésico de Referência (SGR), que para o Brasil é utilizado o SIRGAS2000, na época 2000,4 (IBGE, 2005).

Neste trabalho são apresentados os passos necessários para a medição, análise dos dados coletados, processamento e conversão das coordenadas no Sistema Geodésico Local (SGL), considerando os dois sistemas de medição, o primeiro realizado com estação total e o segundo com receptores GNSS. Embora a área de estudo seja uma área rica em pontos de apoio geodésico, optou-se nessa primeira situação evidenciar o cuidado que se deve ter quando são

realizadas medições no modo PPP considerando o tempo de rastreamento de acordo com a norma IBGE (2020) para obtenção de precisão milimétrica.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos envolvendo a temática de redes geodésicas aplicadas para o cadastro rural e cadastro urbano, com propostas para levantamento das parcelas territoriais, como por exemplo, Bonifácio et al. (2006 e 2007), Gama et al. (2012 e 2015), Camilo Neto & Seixas. (2021) e Naves et al. (2022). Mesmo assim, é importante esta discussão, uma vez que, novos modos de levantamentos GNSS estão mais aprimorados e normas de levantamentos geodésicos (IBGE, 2017), e normas de levantamentos topográficos e de redes de referências cadastrais foram atualizadas (NBR 13133 (2021) e NBR 14166 (2022)), assim como a norma do INCRA de georreferenciamento de imóvel rural (2022) e depois do REALT 2018 do IBGE foi definido um modelo hgeoHnor desenvolvido para a conversão altimétrica de altitudes geométricas em altitudes normais definido também pelo IBGE. O que mostra outras possibilidades de metodologias de levantamentos cadastrais e integração de técnicas terrestres, espaciais e aéreas aprimoradas e desenvolvidas envolvendo as Ciências Geodésicas e Cartográficas.

13. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir serão apresentados os recursos tecnológicos, a área de estudo e os métodos empregados.

13.1 Recursos Tecnológicos

Abaixo estão apresentados os equipamentos utilizados com suas respectivas especificações.

2.1.1 Estação Total GD2i – Geodetic

A leitura com prisma, como mostra tem precisão linear de $\pm(2\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$ e sem o prisma de $\pm(5\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$. A precisão da medição angular especificada no equipamento é de $\pm 2''$. (CPEtecnologia, 2025).

2.1.2 Receptores GNSS i50 CHC

Trata-se de um equipamento de dimensões reduzidas e especificações para operação em condições adversas, com tecnologia RTK Full GNSS e rastreamento de múltiplos sistemas (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou e QZSS). Possuem 624 canais, garantindo maior confiabilidade e precisão nas medições, com precisão horizontal de $3\text{ mm} + 0,5\text{ ppm} \times D$ e vertical de $5\text{ mm} + 0,5\text{ ppm} \times D$ (CHCNAV, 2025).

2.1.3 Receptor GNSS Hiper V – Topcon

Este modelo conta com 226 canais para rastreamento das constelações GPS e GLONASS nas portadoras L1, L2, L2C e SBAS, com precisão horizontal de $3\text{ mm} + 1\text{ ppm} \times D$ e vertical de $15\text{ mm} + 1\text{ ppm} \times D$ (Topcon, 2025), permitindo a determinação de coordenadas cartesianas geocêntricas precisas a partir de observações de satélites espaciais (Topcon, 2025).

2.1.4 Software AstGeoTop

O software AstGeoTop (Garnés, 2025), utilizado para o processamento dos dados obtidos com a estação total, apresenta diversos módulos de cálculo que permitem a análise dos dados

coletados, o processamento dos dados, a compensação pelo MMQ, o georreferenciamento de estruturas, a conversão de coordenadas planas em geodésicas e vice-versa, assim como o controle de redes topográficas de precisão. Além disso, este software também foi utilizado para converter as coordenadas geodésicas obtidas com os receptores em coordenadas planas no SGL. Estes módulos oferecem recursos que auxiliam na detecção de inconsistências, na otimização do tempo de processamento e na integração de técnicas topográficas e geodésicas, possibilitando maior confiabilidade nos levantamentos.

2.1.5 Serviços

A plataforma online do IBGE-PPP (IBGE, 2025) foi empregada para o pós-processamento dos dados GNSS, possibilitando a obtenção de coordenadas com alta precisão e contribuindo para a integração entre diferentes técnicas de levantamento.

2.2 Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido na estrutura de curtos alcances composta por pilares, localizada no Laboratório de Topografia (LATOP) e no Laboratório de Metrologia e Posicionamento Espacial (LAMEP), próximos à fachada de calibração de câmeras de pequeno formato e à uma das áreas destinada à aplicação de métodos geodésicos de monitoramento de estruturas da UFPE – Campus Recife, Figura 1.



Figura 1. Área de Estudo - Campus Joaquim Amazonas – UFPE

As observações foram feitas nos quatro pilares com centragem fixa, os quais são intervisíveis e apresentam pequenas distâncias entre si.

2.3 Métodos

O trabalho foi estruturado em duas fases principais. Na Figura 2 estão apresentados os passos da metodologia aplicada descrita nos itens 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3.

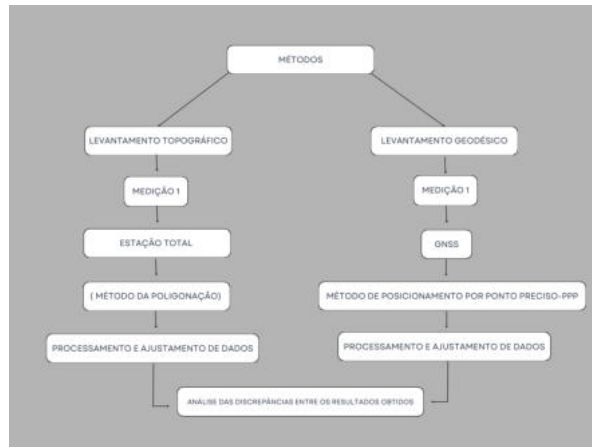


Figura 2. Fluxograma dos métodos

Fonte: Os autores (2025)

2.3.1 Levantamento Topográfico – Estação Total

Na primeira fase, as observações tridimensionais foram feitas com estação total e prismas, empregando o método das direções com observações conjugadas PD e PI em um polígono de quatro vértices, seguindo o caminhamento no sentido anti-horário. Foram realizadas três séries de medições com o equipamento ajustado nos ângulos de 0° , 60° e 120° . Inicialmente, a estação total foi instalada sobre o pilar E1, enquanto os demais pilares (E2, E3 e E4) receberam os prismas como alvos. A primeira série de medições consistiu na leitura dos três prismas a partir do ângulo de 0° . Em seguida, o equipamento foi girado em 180° no sentido contrário, e as observações foram repetidas no sentido anti-horário. Esse mesmo procedimento foi realizado para os ângulos de 60° e 120° . Posteriormente, a estação total foi reposicionada sucessivamente nos pilares E2, E3 e E4, repetindo o mesmo processo de medição descrito para o pilar E1.

2.3.2 Levantamento Geodésico – Receptores GNSS

Na segunda fase, foram empregados quatro receptores GNSS de dupla frequência, instalados de forma independente nos pilares E1, E2, E3 e E4, como demonstrado na Figura 4, garantindo rastreamento contínuo dos sinais dos satélites e maior confiabilidade na determinação das coordenadas. Após o levantamento, os dados foram transferidos a partir dos cartões de memória de cada equipamento. Nos pilares E1 e E2 foram utilizados receptores CHC i50, configurados com intervalo de observação de 1 segundo, enquanto nos pilares E3 e E4 foram posicionados os receptores HIPER V, com intervalo de 1 segundo em E3 e 5 segundos em E4. Na Figura 3 visualiza-se possíveis obstruções aos sinais GNSS, comuns em áreas urbanas.



Figura 3. Receptores GNSS instaladas nos pilares

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Processamento e ajustamento dos dados – AstGeoTop

O software AstGeoTop possui alguns módulos específicos. O primeiro módulo do software utilizado foi o “Módulo de Cálculo de Ângulos Horizontais e Zenitais Versão 2012.06.08” resultando na média das 3 séries observadas. O segundo módulo utilizado foi o “Planialtimetria© Versão 2013.04.25” com o gerreferenciamento da poligonal implantada no SGL do Campus Recife da UFPE, o terceiro módulo foi o “Lev. Planimétrico©Versão 2012.11.11” com o cálculo da poligonal pelo MMQ, o quarto módulo utilizado foi de “Transformações das coordenadas” geodésicas (latitude, longitude e altitude geodésica) para coordenadas planas no SGL. E após a obtenção das coordenadas no SGL provindos das duas técnicas de medição, utilizou-se um quinto módulo para a conversão das coordenadas retangulares no SGL para azimutes e distâncias (“Coordenadas Retangulares para azimutes e distâncias”) indicadas no item 3.2.

No **primeiro módulo** foi utilizado apenas a primeira medição para apresentação das fases do módulo, a caderneta de entrada de dados do módulo foi preenchida com os dados coletados com base na metodologia utilizada, permitindo a escolha do número de séries e de alvos. Em seguida, foram inseridos os dados das direções horizontais e ângulos verticais. O módulo computacional então calcula as médias de cada direção horizontal e ângulo vertical por série. O Módulo contém algumas fases para o cálculo dos dados como a primeira fase do módulo que calcula a média das 3 séries de cada estação exceto a estação 2 que foi considerado apenas 2 séries, como os valores mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da Primeira Fase Discrepâncias Ângulos Horizontais e Zenitais

Est	Séries	Discrepância de ângulos horizontais					Discrepância de ângulos zenitais			
1	1	7,00"	4,00"	5,33"	1,53"	23,00"	11,00"	15,67"	6,43"	
	2	5,00"	-5,00"	1,00"	5,29"	44,00"	25,00"	34,00"	34,00"	
	3	3,00"	-5,00"	-1,67"	4,16"	50,00"	7,00"	28,00"	21,52"	
2	1	12,00"	-10,00"	2,67"	11,37"	64,00"	59,00"	61,00"	2,65"	
	2	22,00"	-3,00"	6,33"	13,65"	74,00"	60,00"	66,33"	7,09"	
	3	-1,00"	-15,00"	-8,33"	7,02"	68,00"	53,00"	62,00"	7,94"	
3	1	-4,00"	-12,00"	-7,33"	4,16"	103,00"	69,00"	83,33"	17,62"	
	2	-1,00"	-4,00"	-2,33"	1,53"	81,00"	73,00"	73,67"	4,04"	
	3	-1,00"	-3,00"	-2,00"	1,00"	72,00"	66,00"	68,33"	3,21"	
4	1	11,00"	0,00"	4,33"	5,86"	92,00"	61,00"	79,67"	16,44"	
	2	7,00"	-11,00"	-4,33"	9,87"	97,00"	84,00"	91,33"	6,66"	

Fonte: Adaptado AstGeoTop (2025)

A segunda fase realiza a verificação de discrepâncias entre os valores observados e as médias obtidas como os valores demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da Segunda Fase Ângulos Ajustados por Mínimos Quadrados

Est	Ângulos Horizontais ajustados por MMQ			Ângulos zenitais ajustados por MMQ		
E1	X0	0°00'00,0"	± 0,0"	Z1	89°10'48,7"	±4,9"
	X1	31°54'31,8"	± 2,3"	Z2	89°52'10,5"	±4,9"
	X2	124°04'03,8"	± 2,3"	Z3	89°51'39,0"	±4,9"
E2	X0	0°00'00,0"	±0,0"	Z1	89°52'40,5"	±3,5"
	X1	20°48'49,7"	±5,0"	Z2	89°39'49,5"	±3,5"
	X2	54°53'39,2"	±5,0"	Z3	89°54'15,0"	±3,5"
E3	X0	0°00'00,0"	±0,0"	Z1	90°04'53,7"	±5,8"
	X1	32°57'22,5"	±1,9"	Z2	90°02'14,2"	±5,8"
	X2	51°22'06,7"	±1,9"	Z3	89°41'20,0"	±5,8"
E4	X0	0°00'00,0"	±0,0"	Z1	90°08'09,3"	± 5,4"
	X1	94°34'02,2"	±3,0"	Z2	90°15'59,2"	± 5,4"
	X2	129°42'22,8"	±3,0"	Z3	90°28'40,7"	± 5,4"

Fonte: Adaptado AstGeoTop (2025)

A terceira fase trata da consistência interna dos dados, com base nos limites aceitáveis de erro, como os valores demonstrados na Tabela 3 e a quarta fase apresenta os valores finais validados a serem utilizados nas etapas seguintes, como os valores demonstrados na Tabela 4.

Tabela 3. Resultado da Terceira Fase Resíduos Estimados

Estação 1		Estação 2		Estação 3		Estação 4	
D.H	D.V	D.H	D.V	DH	DV	DH	DV
v1 0°00'00,4"	-0°00'10,8"	v1 0°00'02,1"	-0°00'03,5"	v1 0°00'00,3"	0°00'02,2"	v1 0°00'01,3"	-0°00'00,7"
v2 -0°00'01,2"	0°00'00,0"	v2 0°00'03,7"	-0°00'03,5"	v2 0°00'01,8"	0°00'00,2"	v2 0°00'01,1"	0°00'01,3"
v3 0°00'00,8"	0°00'04,5"	v3 -0°00'05,8"	0°00'00,5"	v3 -0°00'02,1"	0°00'01,5"	v3 -0°00'02,4"	-0°00'05,3"
v4 0°00'00,8"	0°00'07,2"	v4 0°00'00,6"	-0°00'03,5"	v4 -0°00'01,2"	-0°00'06,3"	v4 -0°00'01,3"	0°00'00,7"
v5 -0°00'02,4"	0°00'01,0"	v5 -0°00'06,8"	0°00'04,5"	v5 -0°00'01,7"	0°00'10,7"	v5 0°00'01,1"	0°00'01,3"
v6 0°00'01,6"	-0°00'02,0"	v6 0°00'06,2"	0°00'00,5"	v6 0°00'02,9"	0°00'00,5"	v6 0°00'02,4"	0°00'05,3"
v7 -0°00'01,2"	0°00'03,7"	v7 -0°00'02,6"	0°00'07,0"	v7 0°00'00,9"	0°00'04,2"	v7 0°00'01,3"	-0°00'00,7"
v8 0°00'03,6"	-0°00'01,0"	v8 0°00'03,1"	-0°00'01,0"	v8 -0°00'00,1"	-0°00'10,8"	v8 0°00'01,1"	0°00'00,7"
v9 -0°00'02,4"	-0°00'02,5"	v9 -0°00'00,4"	-0°00'01,0"	v9 -0°00'00,9"	-0°00'02,0"	v9 -0°00'02,4"	-0°00'05,3"

Fonte: Adaptado AstGeoTop (2025)

Tabela 4. Resultado da quarta fase classificação da precisão angular horizontal e vertical

Estação	Desvio padrão horizontal	Desvio padrão vertical
1	2,8"	8,5"
2	6,2"	6,0"
3	2,4"	10,0"
4	3,0"	7,7"

Fonte: Adaptado AstGeoTop (2025)

No **segundo módulo** a caderneta de entrada foi preenchida com os dados coletados com base na metodologia utilizada, permitindo a escolha do número de séries e de alvos (Tabela 5).

Os dados coletados em campo foram inseridos no software, iniciando pela organização das observações no formato compatível (Tabela 5), seguida da redução dos ângulos à Ré, com origem no ponto de ré (Tabela 6), e do cálculo dos ângulos médios reduzidos (Tabela 7).

Tabela 5. Início da Primeira Fase (Organização dos dados no formato AstGeoTop)

***** Início da Primeira Fase (Organização dos dados no formato AstGeoTop) *****									
EST	RÉ	ANG HOR	dist Hor	dh	VANTE	ANG HOR	dist Hor	dh	PD/PI
E1	E4	0°00'00,0"	3,312	0,066	E2	124°03'40,0"	5,366	0,026	PD
E1	E4	180°00'05,0"	3,311	0,064	E2	304°03'33,0"	5,367	0,024	PI
E1	E4	60°00'00,0"	3,312	0,066	E2	184°03'36,0"	5,366	0,026	PD
E1	E4	240°00'01,0"	3,311	0,064	E2	4°03'35,0"	5,367	0,024	PI
E1	E4	120°00'00,0"	3,313	0,066	E2	244°03'31,0"	5,366	0,026	PD
E1	E4	299°59'54,0"	3,311	0,064	E2	64°03'33,0"	5,367	0,024	PI
E2	E1	359°59'58,0"	5,366	-0,002	E3	54°52'05,0"	9,860	0,015	PD
E2	E1	179°59'57,0"	5,365	-0,003	E3	234°52'02,0"	9,860	0,013	PI
E2	E1	60°00'00,0"	5,366	-0,002	E3	114°52'13,0"	9,860	0,015	PD
E2	E1	239°59'57,0"	5,365	-0,097	E3	294°52'09,0"	9,860	0,012	PI
E2	E1	119°59'55,0"	5,366	-0,002	E3	174°51'54,0"	9,860	0,015	PD
E2	E1	299°59'49,0"	5,366	-0,004	E3	354°51'47,0"	9,860	0,012	PI
E3	E2	0°00'00,0"	9,858	-0,010	E4	51°22'09,0"	5,540	0,024	PD
E3	E2	179°59'52,0"	9,858	-0,014	E4	231°22'11,0"	5,541	0,022	PI
E3	E2	60°00'00,0"	9,859	-0,010	E4	111°22'08,0"	5,540	0,024	PD
E3	E2	239°59'59,0"	9,859	-0,013	E4	291°22'11,0"	5,541	0,022	PI
E3	E2	120°00'00,0"	9,859	-0,010	E4	171°22'21,0"	5,540	0,024	PD
E3	E2	300°00'02,0"	9,859	-0,013	E4	351°22'19,0"	5,541	0,022	PI
E4	E3	359°59'58,0"	5,541	-0,017	E1	129°40'37,0"	3,310	-0,033	PD
E4	E3	179°59'59,0"	5,542	-0,020	E1	309°40'32,0"	3,309	-0,035	PI
E4	E3	60°00'01,0"	5,541	-0,018	E1	189°40'33,0"	3,310	-0,033	PD
E4	E3	239°59'55,0"	5,542	-0,019	E1	9°40'28,0"	3,309	-0,035	PI
E4	E3	120°00'00,0"	5,541	-0,017	E1	249°40'31,0"	3,310	-0,034	PD
E4	E3	299°59'59,0"	5,542	-0,020	E1	69°40'38,0"	3,309	-0,035	PI
----- Fim da Primeira Fase -----									

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

Tabela 6. Início da Segunda Fase (Redução dos ângulos à Ré = Origem no Ponto de Ré)

***** Início da Segunda Fase (Redução dos ângulos à Ré = Origem no Ponto de Ré) *****									
EST	RÉ	ANG HOR	dist Hor	dh	VANTE	ANG HOR	dist Hor	dh	PD/PI
E1	E4	0°00'00,0"	3,312	0,066	E2	124°03'40,0"	5,366	0,026	PD
E1	E4	0°00'00,0"	3,311	0,064	E2	124°03'28,0"	5,367	0,024	PI
E1	E4	0°00'00,0"	3,312	0,066	E2	124°03'36,0"	5,366	0,026	PD
E1	E4	0°00'00,0"	3,311	0,064	E2	124°03'34,0"	5,367	0,024	PI
E1	E4	0°00'00,0"	3,313	0,066	E2	124°03'31,0"	5,366	0,026	PD
E1	E4	0°00'00,0"	3,311	0,064	E2	124°03'39,0"	5,367	0,024	PI
E2	E1	0°00'00,0"	5,366	-0,002	E3	54°52'07,0"	9,860	0,015	PD
E2	E1	0°00'00,0"	5,365	-0,003	E3	54°52'05,0"	9,860	0,013	PI
E2	E1	0°00'00,0"	5,366	-0,002	E3	54°52'13,0"	9,860	0,015	PD
E2	E1	0°00'00,0"	5,365	-0,097	E3	54°52'12,0"	9,860	0,012	PI
E2	E1	0°00'00,0"	5,366	-0,002	E3	54°51'59,0"	9,860	0,015	PD
E2	E1	0°00'00,0"	5,366	-0,004	E3	54°51'58,0"	9,860	0,012	PI
E3	E2	0°00'00,0"	9,858	-0,010	E4	51°22'09,0"	5,540	0,024	PD
E3	E2	0°00'00,0"	9,858	-0,014	E4	51°22'19,0"	5,541	0,022	PI
E3	E2	0°00'00,0"	9,859	-0,010	E4	51°22'08,0"	5,540	0,024	PD
E3	E2	0°00'00,0"	9,859	-0,013	E4	51°22'12,0"	5,541	0,022	PI
E3	E2	0°00'00,0"	9,859	-0,010	E4	51°22'21,0"	5,540	0,024	PD
E3	E2	0°00'00,0"	9,859	-0,013	E4	51°22'17,0"	5,541	0,022	PI
E4	E3	0°00'00,0"	5,541	-0,017	E1	129°40'39,0"	3,310	-0,033	PD
E4	E3	0°00'00,0"	5,542	-0,020	E1	129°40'33,0"	3,309	-0,035	PI
E4	E3	0°00'00,0"	5,541	-0,018	E1	129°40'32,0"	3,310	-0,033	PD
E4	E3	0°00'00,0"	5,542	-0,019	E1	129°40'33,0"	3,309	-0,035	PI
E4	E3	0°00'00,0"	5,541	-0,017	E1	129°40'31,0"	3,310	-0,034	PD
E4	E3	0°00'00,0"	5,542	-0,020	E1	129°40'39,0"	3,309	-0,035	PI
----- Fim da Segunda Fase -----									

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

Tabela 7. Início da Terceira Fase (Ângulos Médios Reduzidos)

***** Início da Terceira Fase (Ângulos Médios Reduzidos) *****									
EST	RÉ	ANG HOR	dist Hor	dh	VANTE	ANG HOR	dist Hor	dh	
E1	E4	0°00'00,0"	3,312	0,065	E2	124°03'34,7"	5,366	0,025	
E2	E1	0°00'00,0"	5,366	-0,018	E3	54°52'05,7"	9,860	0,014	
E3	E2	0°00'00,0"	9,859	-0,012	E4	51°22'14,3"	5,540	0,023	
E4	E3	0°00'00,0"	5,542	-0,018	E1	129°40'34,5"	3,309	-0,034	
----- Fim da Terceira Fase -----									

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

A poligonal foi classificada como fechada, com 4 vértices, sem pontos irradiados, soma angular de 359°58'29,2" e perímetro de 24,0775 m. O erro de fechamento angular foi de

191

Juyara Bezerra de Araujo, Janaína Carvalho Peixoto Cruz, Andréa de Seixas, Lucas Gonzales Lima Pereira Calado, Isaac Ramos Junior
Metrologia Instrumental e Processamento de Dados com AstGeoTop para Redes Topográficas de Precisão

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

-0°01'30,8", e os erros lineares sem compensação foram baixos, com $E_x = 0,0030$ m, $E_y = 0,0004$ m, erro linear horizontal de 0,0031 m e precisão relativa de 1/7834,36, indicando a classificação IIIP da poligonal.

A Figura 4, apresenta a caderneta do módulo onde é possível pôr os parâmetros de georreferenciamento. Neste trabalho utilizou-se as estações E2 e E3 como referência, por apresentarem menores valores de desvios padrão para as incertezas das coordenadas obtidas com o modo GNSS PPP (item 3.2).

The screenshot shows the 'Controle para o Georreferenciamento' window. It includes fields for 'Sistema Geodésico de Referência' (SIRGAS2000), 'Origem Geodésica do Sistema Topográfico Local' (Latitude: -8°03'03,46970", Longitude: -34°57'05,45910", Altitude: 4,217), and 'Desvio da Vertical' (Meridiano: 0, Vertical: 0). There are also fields for 'Origem Eixo X (m)' (150000,000), 'Origem Eixo Y (m)' (250000,000), and 'Azimute Astronômico do Eixo (y)' (0°00'00").

Under 'Pontos Geodésicos de Controle', there are three points:

- Ponto1: Latitude -8°03'16,94450", Longitude -34°57'16,01870", Altitude 0,010, Meridiano 4,94, Vertical 0,014.
- Ponto2: Latitude -8°03'16,96960", Longitude -34°57'15,69570", Altitude 0,006, Meridiano 4,99, Vertical 0,010.
- Ponto3: (Empty)

At the bottom, there are 'Coordenadas Cartesianas no Sistema Topográfico Local' for Ponto1, Ponto2, and Ponto3, and a section for 'E2 - E3' with values for 'TRANSLAÇÃO' (Dx = -319,5054, Dy = -409,9274, Dz = -5,0020) and 'VÉRTICE INICIAL DA POLIGONAL' (X = 149680,0946, Y = 249590,1726, h = 4,9180).

Figura 4. Georreferenciamento

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

A planilha topográfica de cálculo analítico (Tabela 8) apresentou os ângulos, distâncias, azimutes, coordenadas parciais e totais em X, Y e H para todos os vértices da poligonal, e os resultados consolidados do módulo confirmaram a coerência dos dados processados, servindo de base para as etapas seguintes do trabalho. Ressalta-se aqui, que a altitude dos pilares utilizados ainda não está vinculada ao Datum Vertical de Imbituba - SC. As altitudes utilizadas são as geodésicas, provindas do Levantamento GNSS.

Tabela 8. Planilha Topográfica de Cálculo Analítico – Poligonal Fechada

Est.	P.Vie.	Ângulo	Distância	Azimute	Coordenadas Parciais		Coordenadas Totais Tridimensionais		
					X	Y	X	Y	H
E1	E2	124°03'34,7"	5,366	219°35'22,5"	-3,4197	-4,1352	149680,0946	249590,1726	4,9180
E2	E3	54°52'05,7"	9,860	94°27'28,2"	9,8302	-0,7664	149676,6749	249586,0374	4,9400
E3	E4	51°22'14,3"	5,541	325°49'42,5"	-3,1122	4,5944	149686,5051	249585,2710	4,9530
E4	E1	129°40'34,5"	3,311	275°30'17,0"	-3,2952	0,3176	149683,3929	249589,5554	4,9740

S.ang = 359°58'29,2" Ex=0,0030 Ey=0,0004

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

No **terceiro módulo** foi utilizado para o cálculo das coordenadas dos vértices da rede por meio do método da poligonação, composto por seis fases, nas quais os dados coletados em campo foram organizados e processados. Na primeira fase (Tabela 9), foram determinados os

vetores dos resíduos do ajustamento ($V = AX - L$), indicando pequenas variações angulares e distâncias residuais.

A segunda fase (Tabela 10) fornece os parâmetros ajustados com seus respectivos desvios-padrão e erros posicionais, evidenciando boa precisão nas coordenadas dos pontos.

Tabela 9. Resultado da primeira fase vetor dos resíduos do ajustamento ($V = AX - L$)

Est.	P.Vis.	Ângulo	Distância
E1	E2	34,7226"	0,0016
E2	E3	11,4386"	-0,0013
E3	E4	10,8498"	-0,0001
E4	E1	33,7890"	0,0013

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

Tabela 10. Resultado da segunda fase parâmetros ajustados Xa, Desvios-padrão e Erro Posicional($1 \cdot \sigma$)

Est.	X (m)	SigmaX (m)	Y (m)	SigmaY (m)	P. Posição (m)
E1	149680,0955	0,0000	249590,1741	0,0000	0,0000
E2	149676,6750	0,0042	249586,0374	0,0051	0,0066
E3	149686,5039	0,0079	249585,2712	0,0055	0,0096
E4	149683,3919	0,0089	249589,8557	0,0010	0,0089

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

A terceira fase (Tabela 11) apresentou os ângulos e distâncias ajustados com base em seus desvios padrão.

Tabela 11. Resultado da terceira fase observações ajustadas La e Desvios-padrão ($1 \cdot \sigma$)

Est.	P.Vis.	Ângulo	Sigma Âng. "	Distância (m)	Sig. Dist. (m)
E1	E2	124°04'08,8"	25,6525	5,368	0,0066
E2	E3	54°52'16,3"	17,5132	9,859	0,0089
E3	E4	51°22'24,9"	17,2138	5,541	0,0070
E4	E1	129°41'10,0"	25,5377	3,312	0,0089

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

Na quarta fase (Tabela 12), os elementos da poligonal foram ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados (MMQ), com obtenção das coordenadas totais ajustadas e, ao final, a poligonal apresentou perímetro de 24,080 m e área de 28,701 m².

Tabela 12. Resultado da quarta fase com elementos da poligonal ajustados por MMQ

Est.	P.Vis.	Ângulo	Distância	Azimute	Coord. Totais	
					X	Y
E1	E2	124°04'08,8"	5,368	219°35'10,4"	149680,0955	249590,1741
E2	E3	54°52'16,3"	9,859	94°27'26,7"	149676,6750	249586,0374
E3	E4	51°22'24,9"	5,541	325°49'51,5"	149686,5039	249585,2712
E4	E1	129°41'10,0"	3,312	275°31'01,5"	149683,3919	249589,8557

Perímetro = 24,080 m
 Área = 28,701 m²
 Área = 0,0028701 ha
 Área = 0,0011860 Alq.SP

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

A quinta fase (Tabela 13) aplicou o método tradicional para novo ajuste, mantendo as coordenadas similares, e resultando em perímetro de 24,077 m e área de 28,695 m².

Na sexta e última fase (Tabela 14), foram analisadas as discrepâncias entre os métodos MMQ e tradicional, revelando diferenças mínimas nos ângulos, distâncias, azimutes e coordenadas, com um desvio final de perímetro de 0,003 m e de área de 0,006 m², confirmando a qualidade do ajustamento.

Tabela 13. Resultado da quinta fase do módulo com elementos da poligonal ajustados pelo método tradicional.

Est.	P.Vis.	Ângulo	Distância	Azimute	Coord. Totais	
					X	Y
E1	E2	124°04'35,4"	5,367	219°35'10,0"	149680,0955	249590,1741
E2	E3	54°52'15,0"	9,858	94°27'25,0"	149676,6756	249586,0381
E3	E4	51°21'46,5"	5,541	325°49'11,5"	149686,5043	249585,2720
E4	E1	129°41'23,1"	3,311	275°30'34,6"	149683,3912	249589,8562

Perímetro = 24,077 m
 Área = 28,695 m²

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

Tabela 14. Planilha de Discrepâncias do ajustamento (MMQ - Método Tradicional).

Est.	P.Vis.	Ângulo	Distância	Azimute	Coord. Totais	
					X	Y
E1	E2	-0°00'26,6"	0,001	0°00'00,4"	0,0000	0,0000
E2	E3	0°00'01,3"	0,000	0°00'01,6"	-0,0006	-0,0007
E3	E4	0°00'38,4"	0,000	0°00'40,0"	-0,0004	-0,0008
E4	E1	-0°00'13,0"	0,001	0°00'27,0"	0,0007	-0,0005

Perímetro = 0,003 m

Área = 0.006 m2

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

O **quarto módulo** do software Coordenadas Retangulares em Azimute e Distâncias provenientes da estação total no SGL, como demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15. Cálculos de Ângulos, Azimutes, Rumos, Lados, Área e Perímetro - Estação Total.

Estação	Vante	Ângulo	Azimute	Rumo	distância	X	Y
E1	E2	124°04'08,831"	219°35'10,380"	39°35'10"SW	5,368	149680,0955	249590,1741
E2	E3	54°52'16,292"	94°27'26,672"	85°32'33"SE	9,859	149676,6750	249586,0374
E3	E4	51°22'24,874"	325°49'51,546"	34°10'08"NW	5,541	149686,5039	249585,2712
E4	E1	129°41'10,003"	275°31'01,549"	84°28'58"NW	3,312	149683,3919	249589,8557
Perímetro		= 24,080 m					
Area		= 28,701 m2 0,0028701 ha					

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

3.2 Processamento e ajustamento dos dados – Serviço IBGE PPP

O processamento dos dados obtidos com os receptores GNSS foi realizado, prioritariamente, por meio do método relativo estático, assegurando elevada precisão posicional. No entanto, em situações em que não havia disponibilidade de base local para apoio, adotou-se o método de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), por meio do serviço on-line do IBGE, como demonstrado na Figura 6. Essa escolha é justificada pelo fato de o PPP permitir a determinação de coordenadas com boa acurácia sem a necessidade de estações de referência locais, conforme já discutido em estudos recentes (Araújo et al., 2025; Cruz et al., 2025).

Este **quinto módulo** tem como objetivo apresentar e aplicar a conversão das coordenadas geodésicas (latitude e longitude) obtidas pelo método GNSS PPP para coordenadas planas no Sistema Geodésico Local (SGL), a fim de realizar o cálculo analítico de distâncias, azimutes e área, como demonstrado na Tabela 16.

Tabela 16. Cálculos de Ângulos, Azimutes, Rumos, Lados, Área e Perímetro - GNSS PPP

Estação	Vante	Ângulo	Azimute	Rumo	distância	X	Y
E1	E2	123°25'37,280"	219°32'45,892"	39°32'46"SW	5,371	149680,095	249590,179
E2	E3	54°54'41,547"	94°27'27,439"	85°32'33"SE	9,920	149676,675	249586,037
E3	E4	51°38'15,599"	326°05'43,038"	33°54'17"NW	5,479	149686,565	249585,266
E4	E1	130°01'25,574"	276°07'08,612"	83°52'51"NW	3,434	149683,509	249589,813
Perímetro = 24,204 m							
Area = 29,003 m2 0,0029003 ha							

Fonte: Software AstGeoTop (2025)

3.3 Análise das discrepâncias entre os resultados obtidos

A comparação entre os métodos terrestre (estação total) e espacial (GNSS PPP) evidenciou discrepâncias significativas nos resultados obtidos. Na análise do modelo 3D georreferenciado, as diferenças variaram de 0,01 cm na coordenada X (vértice E2) até 11,61 cm (vértice E4), enquanto para a coordenada Y a variação foi de 0,04 cm (E2) a 4,24 cm (E4). No modelo 2D ajustado pelo método dos Mínimos Quadrados, as discrepâncias foram semelhantes, variando de 0,05 cm (vértice E2) a 11,71 cm na coordenada X (vértice E4) e de 0,04 cm (vértice E2) a 4,27 cm na coordenada Y (vértice E4).

Além das coordenadas, também foram observadas diferenças em outros elementos geométricos. Nos ângulos internos, as discrepâncias oscilaram entre 0°38'31,551" (E1) e 0°02'25,255" (E4), comprometendo a consistência angular da poligonal. Quanto às distâncias lineares, a maior diferença foi de 0,122 m no segmento E4–E1 e a menor de 0,003 m em E1–E2. Em termos de área, verificou-se uma diferença de 0,302 m² entre os métodos, sendo 28,701 m² pela estação total e 29,003 m² pelo GNSS PPP. Já o perímetro apresentou discrepância de 0,124 m, com valores de 24,080 m (terrestre) e 24,204 m (espacial).

Esses resultados demonstram que, embora ambos os métodos apresentem elevado nível de precisão, fatores como tempo de rastreamento (6h), obstruções do prédio do CTG e prováveis efeitos de multicaminho comprometeram o desempenho do GNSS PPP, enquanto a estação total, apesar da boa precisão linear e angular, apresentou limitações decorrentes da instrumentação e do erro de fechamento angular. Recomenda-se, portanto, o uso de equipamentos mais avançados, como estações totais robóticas, e métodos espaciais alternativos, como o posicionamento relativo estático com estação base, a fim de reduzir as discrepâncias e garantir maior confiabilidade dos resultados.

Embora o método tenha se mostrado eficiente na definição de redes de alta precisão em áreas de pequena extensão, sua aplicação em áreas urbanas maiores ainda deve ser avaliada, especialmente para atender às demandas de gestão territorial. Trabalhos anteriores, como os de Bonifácio et al. (2007), Gama et al. (2012), Pereira et al. (2014), Camilo Neto et al. (2021) e Naves et al. (2022), já demonstraram experiências bem-sucedidas nesse contexto, reforçando a importância de ampliar o escopo em futuras investigações.

Segundo o Land Administration Domain Model (LADM), a estruturação de dados cadastrais deve seguir padrões que permitam interoperabilidade e integração em diferentes níveis. Estudos nacionais, como os de Purificação (2020) e França et al. (2021), destacam a relevância da aplicação desse modelo em diferentes contextos, evidenciando a necessidade de metodologias que promovam a integração entre dados geodésicos e topográficos.

Embora este estudo não tenha realizado comparações diretas do software AstGeoTop com outros softwares, como o Adjust (Wolf & Ghilani, 1997) e (Niemeier, 2002).

4. CONCLUSÃO

A análise desenvolvida neste trabalho reafirma a relevância da implantação de redes topográficas de precisão para a Topografia e a Geodésia, destacando a importância da integração entre métodos terrestres e espaciais. Verificou-se que, embora a estação total forneça medições precisas de ângulos e distâncias, e o GNSS PPP proporcione coordenadas com acurácia centimétrica e milimétrica, ainda podem ocorrer discrepâncias significativas em determinados vértices, influenciadas por fatores ambientais e limitações instrumentais. Esses resultados evidenciam a necessidade de rigor metodológico, repetição de medições e exploração de diferentes técnicas de posicionamento GNSS.

Neste artigo, a utilização do software AstGeoTop representou um avanço ao permitir o processamento detalhado da poligonal em suas diversas fases, otimizando a análise, compatibilização e visualização dos resultados obtidos. A comparação entre os métodos mostrou-se fundamental não apenas para a verificação da precisão, mas também para o fortalecimento das práticas acadêmicas, ao fornecer subsídios concretos para atividades de ensino e pesquisa.

Assim, a combinação dos métodos topográfico e geodésico, associada ao uso de ferramentas computacionais especializadas e alinhada às normas atualizadas, confirma-se como um caminho viável e eficiente para a implantação de redes de referência com alta confiabilidade. Além de contribuir para projetos de cadastro territorial e infraestrutura, essa abordagem reforça o potencial das práticas integradas em Ciências Geodésicas, abrindo perspectivas para novos experimentos em cenários mais complexos e exigentes.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR - 13133. (2021). Normas Técnicas para a Execução de Levantamentos Topográficos.
- ABNT. NBR - 14166. (2022). Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro.
- Araujo, J. B.; Cruz, J. C. P.; Seixas, A., Calado, L. G. L. P., & Ramos Junior, I. (2025). Comparação entre Método Terrestre da Poligonização e Método Espacial GNSS PPP na Implantação de Rede Topográfica de Precisão. I Congresso Internacional de Regularização Fundiária & VIII Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (I CIRF & VIII SIMGEO), Recife, PE, Brazil. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17162402>
- Franca, L. L. S., Seixas, A., Gama, L. F., & Moraes, J. N. (2021). Optimized Determination of 3D Coordinates in the Survey of Inaccessible Points of Buildings - Example of Application Implemented in Free Software. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 27, p. 1-21.
- Bonifácio, M. B., & SÁ, L. A. C. M. (2006). A utilização de Redes Geodésicas para o Cadastro Rural. In: Primeiro Simpósio Geopantanal, Mato Grosso do Sul.

- Bonifácio, M. B., [Seixas, A.](#), & [Carneiro, A. F. T.](#) (2007). Sistemas de medição híbridos aplicados ao georreferenciamento de imóveis. In: V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas e II Simpósio Brasileiro de Geomática, 2007, Presidente Prudente. V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas e II Simpósio Brasileiro de Geomática.
- Camilo Neto, R. N. ; Seixas, A. (2021). Metodologia desenvolvida para o posicionamento geodésico de Zona Especial Aeroportuária: Estudo de caso do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes - Gilberto Freyre. RBC. REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA (ONLINE), v. 73, p. 556-573.
- CHCNAV. (2025). Manual do GPS Centimétrico I50. 68 p. Acessado março 17, 2025. <https://www.manualslib.com/manual/1598232/Chcnav-I50.html>.
- CPEtecnologia. Estação Total Geodetic GD2i-8. Disponível em: <https://www.cpetecnologia.com.br/estacao-totalgeodetic-gd2i-8/p>. Acesso em: 17 mar. 2025.
- Cruz, J. E. C. P., De Araújo, J. B., Seixas, A., Calado, L. G. L. P., & Ramos Júnior, I. (2025). Compatibilização de Elementos Geométricos de uma Poligonal Implantada por Técnicas de Medição Terrestre e Espacial. I Congresso Internacional de Regularização Fundiária & VIII Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação (I CIRF & VIII SIMGEO), Recife, PE, Brazil. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17162485>
- Gama, L. F., [Seixas, A.](#) & Souza, A. M. B. (2012). Implantação e Análise de Estruturas Geodésicas Planimétricas Obtidas por GPS e Estação Total: Aplicações em Levantamentos Cadastrais Urbanos. RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 64, p. 227, 2012.
- Gama, L. F.; [Seixas, A.](#) Moraes, J. N., Silva, E. V., & Galvao, T. B. (2015). Controle de Qualidade de Levantamentos Cadastrais para a Homogeneização de Parcelas Territoriais Urbanas. RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 67, p. 411-433.
- Garnés, A. (2025) AstGeoTop – Aplicativo para Cálculos Astronômicos, Geodésicos e Topográficos. Versão 2025. [S.l.]: A. Garnés.
<https://www.manualslib.com/manual/817243/Topcon-Hiper-V.html>. Acesso em: 17 mar. 2025.
- IBGE. (2017). Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Coordenação de Geodésia, Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/normas_levantamentos_geodesicos.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.
- IBGE. (2023). Manual do Usuário – IBGE-PPP: Serviço on-line para Pós-Processamento de dados GNSS. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101677.pdf> . Acesso em: 29 ago. 2025.
- INCRA. (2022). Manual Técnico para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, Segunda Edição, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.
- Moraes, J. N., Seixas, A., Garnés, S. J. A., Gama, L. F., & França, L. L. S. (2022). Definição de Vértices de Referência com uso dos Métodos Terrestres de Medição Planialtimétrica com Estação Total (MTMs) e Posicionamento GNSS.

- Niemeier, W. (2002). Einführung in die Ausgleichungsrechnung. 2. ed. Berlin/New York: Walter de Gruyter.
- Purificação, N. R. S. (2020). Proposta de modelagem e implementação de um sistema integrado para os cadastros brasileiros e projetos de regularização fundiária urbana de acordo com a ISO 19.152 – LADM. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- TOPCON. (n. d.). Manual do GPS Hiper V. 122 p. Disponível em:
- Wolf, Paul R., & Ghilani, C. D. (1997). Adjustment Computations: Statistics and Least Squares in Surveying and GIS. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

NOTAS BIOGRÁFICAS

A autora Juyara tem trabalhos publicados nos *Anais do I CIRF & VIII SIMGEO* (2025), incluindo estudos sobre compatibilização de poligonais, calibração de distanciômetros eletrônicos, topográfico e comparação entre métodos terrestre e GNSS PPP em redes.

CONTATOS

Juyara Bezerra, Janaína Peixoto, Andréa de Seixas, Lucas Gonzales Lima Pereira Calado, Isaac Ramos Junior
Universidade Federal de Pernambuco
Rua Av. da Arquitetura, s/nº CEP- 50740-550 - Cidade Universitária
Recife
BRASIL
Phone: +5581987841229
E-mail: juyara.araujo@ufpe.br, janaina.peixoto@ufpe.br, andrea.seixas@ufpe.br,
calado.lucas@ufpe.br, isaacramos@unipampa.edu.br
Website: www.ufpe.br/decart

Analysis of the Accuracy of Orthophotos Generated by UAS with RTK Sensors for Application in Urban Land Regularization (REURB)

Renato ZETEHAKU Araujo, Francisco Henrique de OLIVEIRA, Allan GOMES and Adolfo Lino DE ARAÚJO, Brazil

Key words: UAS, Photogrammetry, Land Cadastre, REURB.

SUMMARY

Unplanned urban occupation has increasingly required public authorities to establish land-use planning policies. Article 182 of the 1988 Federal Constitution determines that urban policy must guarantee the social functions of the city and ensure the well-being of its inhabitants. Based on this principle, several laws have been enacted, including Law No. 10,931/2004 (extrajudicial area rectification), Law No. 13,105/2015 (extrajudicial adverse possession), and mainly Law No. 13,465/2017, which created the Urban Land Regularization (REURB). Originating from Provisional Measure No. 759/2016, this law expanded the demand for geospatial data and technologies, requiring municipalities to perform georeferenced topographic and cadastral surveys. According to Decree No. 9,310/2018, property boundary coordinates must present a positional error below 8 cm. Although remote sensing surveys using satellites, aircraft, or RPAs (Remotely Piloted Aircraft) are increasingly applied in cadastral development, current Brazilian standards such as ABNT NBR 13133:2021 and ABNT NBR 17047:2022 do not specifically regulate three-dimensional surveys for regularization purposes. Meanwhile, aerial photogrammetry with UAS has gained prominence due to advances in GNSS positioning (RTK, Network RTK, and PPK), enabling high accuracy even with limited ground control points. These technologies reduce costs and optimize operations, yet regulations still lack criteria for evaluating the accuracy of orthophotos generated by drones. The geometric reliability of orthophotos depends on parameters such as ground sample distance (GSD), flight altitude, and flight planning (overlaps and oblique images). These factors directly influence parcel boundary interpretation and the legal security of cadastral data. In this context, the present study proposes a comparative analysis of orthophotos generated with different flight configurations using the DJI M3M (Matrice 3 Enterprise) with RTK. Four products were created: (1) 1 cm GSD with longitudinal flight; (2) 2 cm GSD longitudinal; (3) 5 cm GSD longitudinal; and (4) 2 cm GSD cross-flight with oblique images (-60°). Checkpoints surveyed with a geodetic GNSS receiver will be used to assess positional accuracy. Parcel boundaries will be extracted from each orthophoto, and the coordinates of vertices compared to one another and to field measurements. The objective is to evaluate the geometric accuracy of photogrammetric products and identify the operational conditions under which they comply with legal requirements for REURB. This research contributes to defining feasible technical parameters for the reliable use of RPAs in urban land regularization processes in Brazil.

Palavras-chave: UAS, Fotogrametria, Cadastro Territorial, REURB.

RESUMO

A ocupação urbana desordenada tem exigido cada vez mais do poder público a formulação de políticas de ordenamento territorial. O Artigo 182 da Constituição Federal de 1988 determina que a política urbana deve garantir as funções sociais da cidade e assegurar o bem-estar dos habitantes. Com base nesse princípio, foram instituídas diversas leis, como a nº 10.931/2004 (retificação extrajudicial de área), nº 13.105/2015 (usucapião extrajudicial) e, principalmente, a nº 13.465/2017, que criou a Regularização Fundiária Urbana (REURB). Originada da Medida Provisória nº 759/2016, essa lei ampliou a demanda por dados geoespaciais e tecnologias, exigindo que municípios realizem levantamentos topográficos e cadastrais georreferenciados. O Decreto nº 9.310/2018, que a regulamenta, estabelece que os vértices de imóveis devem apresentar erro posicional esférico inferior a 8 cm. Embora levantamentos tridimensionais com sensores remotos — satélites, aeronaves ou UAS (Sistema de Aeronave Não Tripulada) — já sejam empregados em cadastros territoriais, normas como a ABNT NBR 13133:2021 e a ABNT NBR 17047:2022 ainda não regulamentam seu uso específico para fins de regularização fundiária. Nesse cenário, a fotogrametria aérea com UAS ganhou destaque, impulsionada pelo avanço de sensores GNSS de alta precisão e métodos como RTK, RTK em rede (NTRIP) e PPK, que permitem resultados confiáveis mesmo com poucos pontos de apoio em campo. Essas tecnologias reduzem custos, otimizam recursos e aumentam a eficiência, mas ainda não há critérios normativos claros para avaliar a acurácia de ortofotos obtidas por drones para estes fins. A qualidade geométrica dessas ortofotos é influenciada por parâmetros operacionais, como a distância de amostragem no solo (GSD), altitude de voo e planejamento (sobreposições e imagens oblíquas). Esses fatores afetam diretamente a identificação de limites de parcelas e, consequentemente, a segurança jurídica dos dados cadastrais. Nesse contexto, o presente estudo propõe uma análise comparativa de ortofotos geradas em diferentes configurações de voo com o drone DJI M3M (Matrice 3 Enterprise) equipado com RTK. Foram produzidos quatro produtos: (1) 1 cm GSD com voo longitudinal; (2) 2 cm GSD longitudinal; (3) 5 cm GSD longitudinal; e (4) 2 cm GSD com voo cruzado e imagens oblíquas a -60° . Pontos de verificação obtidos por receptor GNSS geodésico serão utilizados para avaliar a acurácia posicional. Os limites das parcelas foram interpretados a partir das ortofotos e os vértices comparados entre si e com as medições de campo. O objetivo foi avaliar a acurácia geométrica dos produtos fotogramétricos e identificar sob quais condições eles atendem às exigências legais da REURB. A proposta contribui para a definição de parâmetros técnicos confiáveis e viáveis ao uso de RPAs nos processos de regularização fundiária urbana no Brasil.

Analysis of the Accuracy of Orthophotos Generated by UAS with RTK Sensors for Application in Urban Land Regularization (REURB)

Renato ZETEHAKU Araujo, Francisco Henrique de OLIVEIRA, Allan GOMES and Adolfo Lino DE ARAÚJO, Brazil

7. Introduction

The unplanned occupation of urban areas represents one of the major challenges faced by Brazilian municipalities in the field of territorial management. This process, characterized by the irregular expansion of housing and subdivisions, compromises the population's quality of life, hinders effective urban planning, and generates land tenure conflicts that are difficult to resolve. The Federal Constitution of 1988, in Article 182, establishes that urban policy must regulate the full development of the city's social functions, assigning municipalities the responsibility of ensuring the well-being of their inhabitants.

Within this framework, in recent decades, specific legal instruments have been enacted to regulate land tenure, such as Law No. 10,931/2004, which addresses extrajudicial area rectification, and Law No. 13,105/2015, which introduced extrajudicial adverse possession. Among these, Law No. 13,465/2017 is particularly relevant, as it formalized the Urban Land Regularization (REURB), providing technical and legal mechanisms to legitimize occupations and strengthen land tenure security.

A fundamental requirement for the effective implementation of REURB is the availability of reliable cartographic bases capable of accurately representing urban parcel vertices. Conventional surveying techniques, based on GNSS receivers and total stations, have traditionally been employed for this purpose. However, large-scale application of these methods is often unfeasible due to their high operational costs and extended execution times.

In this context, the use of Unmanned Aircraft Systems (UAS) for photogrammetric mapping emerges as a technically viable and cost-efficient alternative. This technology enables the generation of high-resolution orthophotos within reduced timeframes and at lower costs. Nevertheless, the absence of specific regulatory standards for UAS-derived products raises concerns regarding their adequacy in applications that demand high positional accuracy, such as land regularization processes under REURB.

Accordingly, the primary objective of this study is to assess the geometric quality of photogrammetric products obtained from UAS and to propose technical guidelines that ensure their reliable and standardized adoption in urban land regularization.

8. STUDY AREA

The selected study area is located in the neighborhood of Ponta das Canas, in the municipality of Florianópolis, State of Santa Catarina, Brazil. The area covers approximately 15 hectares, comprising two entire blocks, three complete streets, and two segments of streets/avenues, as shown in Figure 1.

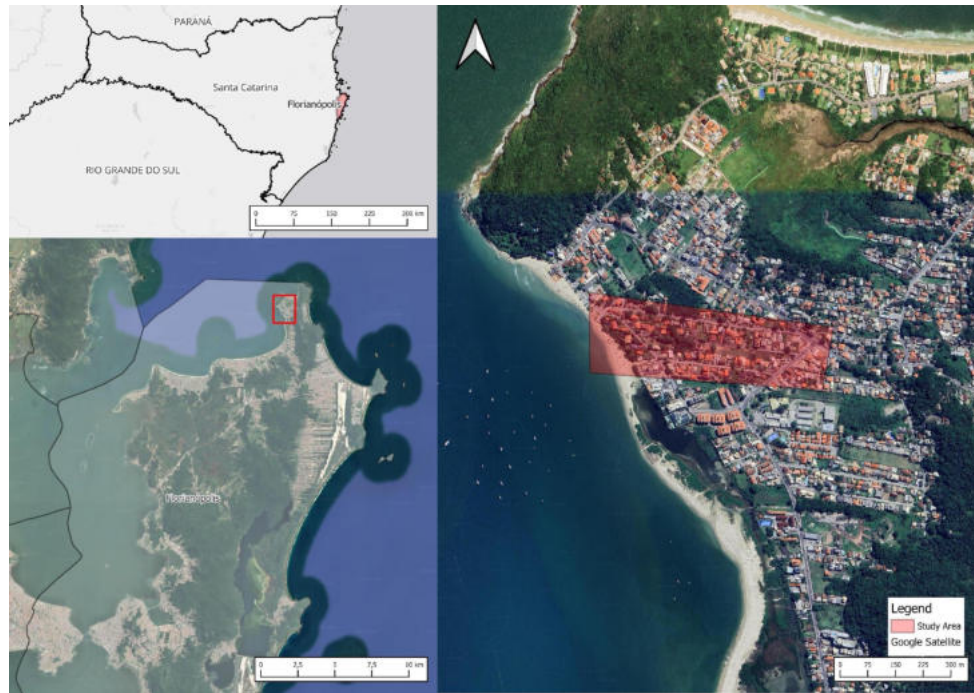


Figure 1. Study Area Location (source: the authors)

The area includes subdivisions with constructions along its boundaries, presenting parcel vertices that cannot be clearly identified through orthophotos. In addition, some vertices lack physical materialization, making their measurement feasible only through in-situ surveys or documentary sources.

9. METHODOLOGY

The methodology integrated aerial and ground surveys, with UAS flights conducted at different altitudes, generating orthophotos with ground sampling distances (GSD) of 5 cm, 2 cm (linear and oblique), and 1 cm, supported by RTK/PPK technology to ensure higher positional accuracy. Subsequently, a ground survey was carried out using a Total Station and a GNSS receiver. In this stage, property vertices that could be measured without entering the parcels were surveyed, along with control points for the flights. The images were processed in Agisoft Metashape 2.1, and the terrestrial survey data were adjusted in GeoOffice and Magnet Tools, followed by the vectorization of both datasets in QGIS. Accuracy assessment was performed in GeoPEC by applying the Student's t-test and the Chi-square test, in which the vertex coordinate values obtained from the four UAS surveys were compared with those from the ground survey.

9.1 UAS Surveying:

The Mavic 3 Enterprise (M3E) UAS was employed, with four flight plans designed using the DJI Fly application, an Android-based software integrated into the aircraft's remote controller.

The controller is equipped with a GNSS positioning system with RTK correction, implemented via NTRIP. The M3E features an RGB sensor with the following specifications: 4/3 CMOS, 20 MP, mechanical shutter.

All flights were conducted with a side overlap of 75% and a forward overlap of 80%. Except for the oblique flight, which was performed at tilt angles of 30°, 0°, and -30°, all others were carried out in nadir (perpendicular, 0°) orientation. Another distinction of the oblique flight is that it was executed using a cross-flight plan, whereas the remaining flights followed a linear plan, as shown in Figures 2, 3, 4, and 5.



Figure 2. Flight plan with 5 cm GSD

Figure 3. Flight plan with 2 cm GSD

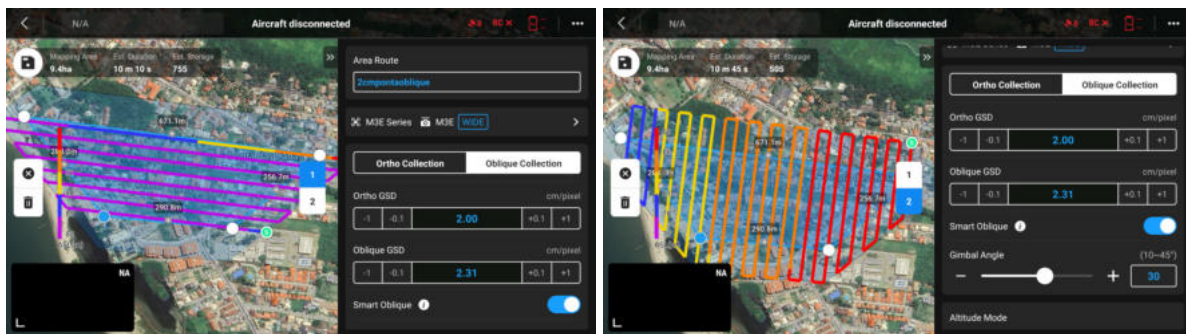


Figure 4. Oblique flight plan with 2 cm GSD

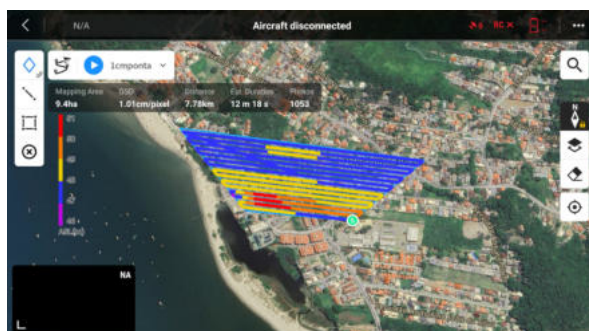


Figure 5. Flight plan with 1 cm GSD (source: the authors)

The image processing was carried out using Agisoft Metashape 2.1, in which the four flights were processed with the objective of generating a true orthophoto of the study area. The software provides several processing parameters, and the highest available processing mode was adopted to ensure product quality. To generate the orthophotos, the following steps were followed: (1) photo alignment; (2) point cloud generation; (3) creation of the 3D model using depth maps; and subsequently, the generation of the true orthophoto from the 3D model.

A slight difference was observed between the planned Ground Sample Distance (GSD) and the values actually obtained. Table 1 presents the planned and achieved GSD values, as well as the number of captured images, flight duration, and processing time for each mission. Figures 6, 7, 8, and 9 provide a comparison of the products generated, displayed at a 1:20 scale, with each pixel analyzed for visual comparison.

Table 1. Flight Parameters (source: the authors)

Flight	Expected GSD	Achieved GSD	Type	Flight Altitude	Number of Photos	Flight Time	Processing Time
1	5 cm/pixel	5.62 cm/pixel	Linear	200 m	60	2min 31s	20min
2	2 cm/pixel	2.23 cm/pixel	Linear	83.1 m	288	4min 59s	1h 43min
3	2 cm/pixel	2.41 cm/pixel	Oblique	85 m	1,112	20min 55s	16h 53min
4	1 cm/pixel	1.16 cm/pixel	Linear	44.5 m	1,06	12min 18s	13h 11min



Figura 6. Achived GSD 5.62cm/pixel

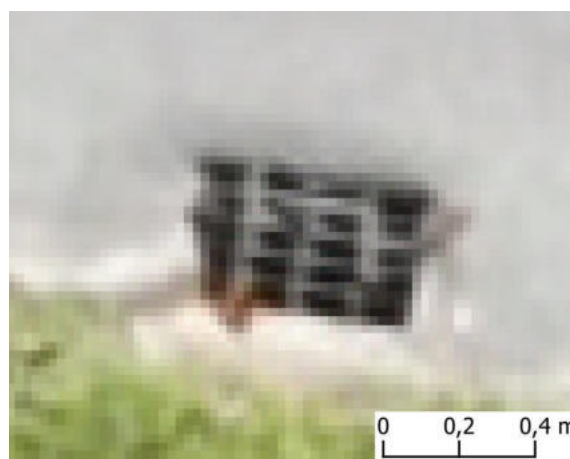


Figura 7. Achived GSD 2.23cm/pixel (linear)

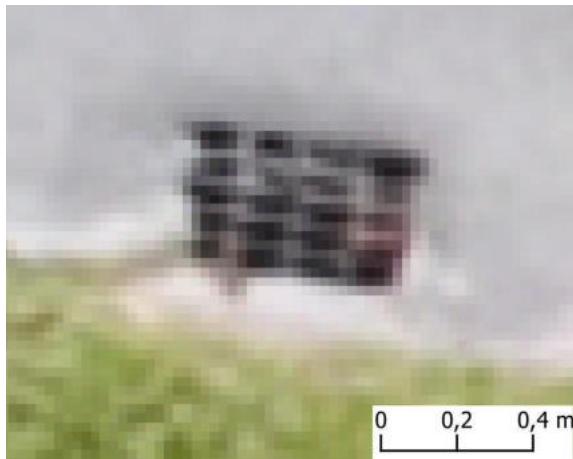


Figura 8. Achived GSD 2.41cm/pixel (Oblique) **Figura 9.** Achived GSD 1.16cm/pixel

9.2 Topographic Survey

The topographic survey was carried out in accordance with NBR 13.133/2021 (ABNT) using Topcon HYPER VR GNSS receivers. The method applied was RTK-Radio, and the Base Point was also surveyed using the static method. Data processing was performed in Magnet Tools software. A total of 27 points were measured using this method, which were employed as check points to evaluate the positional accuracy of the orthophotos in relation to the traditional method and the requirements established by cadastral survey standards. Notable features such as manhole covers, storm drain corners, and street marking intersections were surveyed, as shown in Figure 10.

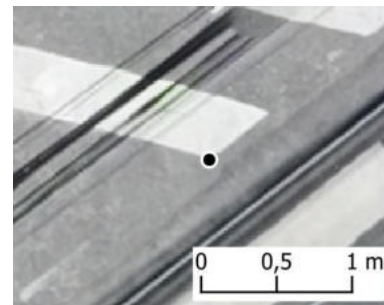
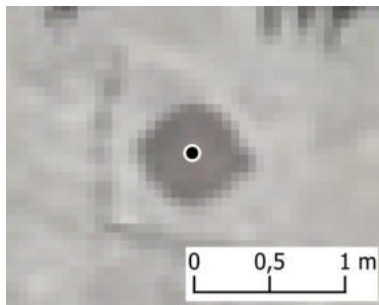


Figure 10. Manhole cover (5 cm/pixel), storm drain (2 cm/pixel), and pedestrian crosswalk (1 cm/pixel) (source: authors).

9.3 Vectorization and Extraction of Vertex Coordinates

The vectorization of the four orthophotos was carried out using QGIS software. The process began with the delineation of parcel boundary lines, assessing in each case the possibility of

identifying the two vertices associated with each alignment. This assessment considered the presence of obstacles, such as tree cover, as well as the existence of materialized or visible features in the field. The choice to initially vectorize lines rather than points is also justified by the possibility of extending segments in situations such as property boundaries defined by walls, allowing the determination of vertices from the intersection of these alignments. This information is essential for the subsequent comparison of accuracies on an individualized basis (Figure 11).



Figure 11. Vectorization of parcel boundary lines.

In the following stage, points were placed at all vertices based on the previously vectorized lines. These points were classified according to their method of acquisition: by line extension, by direct identification of materialized features (such as roofs or walls), arbitrarily when associated with less clearly defined materializations, and also at the intersections of extended lines (Figures 13 and 14). In addition, check points were positioned on the orthophotos according to the points surveyed in the field. In total, 202 vertex points and 27 check points were positioned. After the positioning of the points, their coordinates were extracted in QGIS using the Field Calculator tool and the \$X and \$Y functions (Figure 12). The E and N coordinates were obtained in the UTM Zone 22S projection, with the SIRGAS 2000 horizontal datum, which is the official reference adopted in Brazil. The use of the UTM projection allowed for the planimetric calculation of the differences between the coordinates obtained from the different surveys.

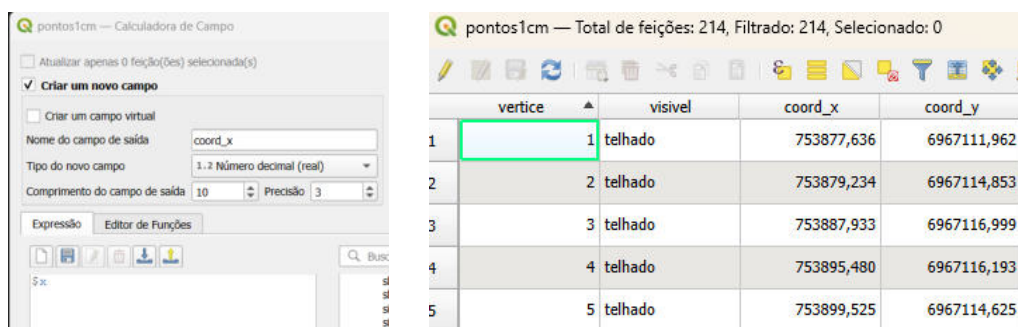


Figure 12. Field Calculator in QGIS and attribute table.

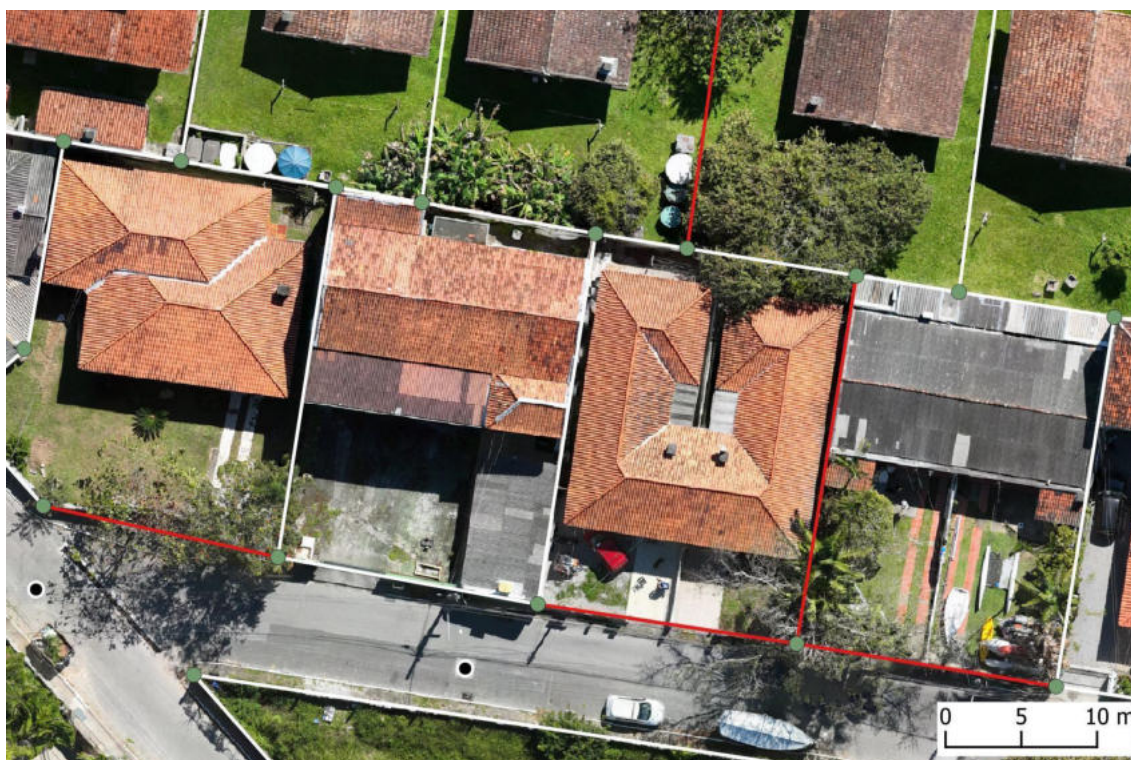


Figure 13. Vectorization of parcel vertices.



Figure 14. GCP and vertex points in the study area.

10. DISCREPANCY CALCULATIONS

The calculations were performed using GeoPEC 3.6 software, which employs algorithms following the procedures described in the standards and the methodology proposed by Santos et al. (2016). The software is free and available at <http://www.geopec.com>. Initially, discrepancies were calculated between the check points obtained from the topographic survey and those from the UAS survey, for both the x (Δx) and y (Δy) components. Subsequently, the mean (1) and standard deviation (2) of each component, as well as the horizontal (Hz) values, were computed as shown in Table 2.

$$\bar{\Delta x}, \bar{\Delta y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta y_i \quad (1)$$

$$S_{\Delta x}, S_{\Delta y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \bar{\Delta x})^2}{n-1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta y_i - \bar{\Delta y})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Table 2. Differences in the x, y, and Hz components between check points.

	5cm/pixel			2cm/pixel (Linear)			2cm/pixel (oblique)			1cm/pixel		
	x (m)	y (m)	hz (m)	x (m)	y (m)	hz (m)	x (m)	y (m)	hz (m)	x (m)	y (m)	hz (m)
Mean	-0.065	-0.033	0.097	0.004	-0.038	0.058	0.051	0.022	0.032	0.060	0.022	0.031
Standard Deviation	0.046	0.066	0.47	0.041	0.040	0.035	0.020	0.026	0.023	0.018	0.021	0.017

10.1 Trend Detection

Trend verification was carried out based on the Student's t distribution. The hypotheses formulated for the test are:

$H_0: \Delta X' = 0$ (the orthoimage is free of trends)

$H_1: \Delta X' \neq 0$ (the orthoimage presents a trend)

Under the null hypothesis (H_0), the orthoimage is assumed to have no trend, meaning that its discrepancies have a zero mean at a given confidence level. The Student's t statistic is computed according to Equation (3):

$$t_x = (\Delta X' / s\Delta X) * \sqrt{n} \quad (3)$$

The calculated t_x value must be compared with the tabulated t value, which depends on the degrees of freedom (n-1) and the significance level ($\alpha/2$). The acceptance region for the null hypothesis is defined by Equation (4):

$$|t_x| < t(n-1, \alpha/2) \quad (4)$$

Therefore, for the null hypothesis (H_0) to be accepted, the calculated t_x value must be lower than the tabulated t value; otherwise, the hypothesis is rejected.

Table 3. Trend analysis of the 4 orthophotos.

	t tab	5cm/pixel		2cm/pixel (Linear)		2cm/pixel (oblique)		1cm/pixel	
		t calc	Trend	t calc	Trend	t calc	Trend	t calc	Trend
di(N)	1,7056	-2,0849	Presents	0,5576	free	1,3317	free	1,6307	free
di(Y)	1,7056	-2,6988	Presents	-4,9331	Presents	-4,3967	Presents	-5,317	Presents

10.2 Accuracy Analysis

The accuracy analysis was carried out by comparing the variances associated with the datasets and the tabulated Standard Error (SE) for the corresponding class. The SE is defined for a coordinate pair and was therefore compared with the sample standard deviation. In addition, the percentage of points with discrepancies lower than the SE was calculated, considering a 10% significance level.

To automate the calculations, the GeoPEC software was employed, adopting the values defined by EDGV according to the map scale and class. For the study area, the scale was estimated at approximately 1:470, which, according to the EDGV table, corresponds to a standard error of 0.008 m. This value is accepted by NBR 14047:2022 as the tolerance for urban cadastral surveys.

Table 4 presents the results of the accuracy assessment of the orthophotos with respect to the ground control points (GCP), showing the standard deviation values and the percentage of points outside the accuracy tolerance. Points identified as outliers were excluded from the sample.

Table 4. Accuracy Comparison

	s	% $\Delta hZ < SE$	Outlier	Result
5cm/pixel	0,047	84,615	1	Reproved
2cm/pixel Linear	0,035	100	0	Aproved
2cm/pixel Oblique	0,023	100	0	Aproved
1cm/pixel	0,017	100	0	Aproved

The standard error and accuracy between the images were also calculated. In this case, the orthophoto with a GSD of 1 cm was adopted as the reference, in relation to the other three orthophotos, and the vertices extracted from each were compared. From this comparison, the mean, standard deviation, trend, and accuracy analysis among the images were obtained, as presented in Tables 5 and 6.

Table 5. Trend analysis comparison

	s	% $\Delta hZ < SE$	Outlier	Result
5cm/pixel	0,091	43,243	12	Reproved
2cm/pixel Linear	0,081	72,105	11	Reproved
2cm/pixel Oblique	0,074	75,63	10	Reproved

Table 6. Accuracy comparison

	5cm/pixel			2cm/pixel (Linear)		2cm/pixel (oblique)	
	t tab	t calc	Trend	t calc	Trend	t calc	Trend
di(N)	1,6532	-11,2062	Presents	1,7826	Presents	1,7826	Presents
di(Y)	1,6532	2,9137	Presents	0,7604	free	0,7604	free

11. ANALYSIS OF THE RESULTS OBTAINED

When analyzing the results, a clear improvement in positional accuracy was observed as the GSD decreased, due to the better identification of notable features and the improvement in the positioning and adjustment of the orthophotos.

It was also verified that all orthophotos exhibited a consistent trend along the Y-axis, which may be attributed to factors such as displacement in the reference point of the GNSS-RTK base or instability in the NTRIP base used during the flights. The distance of more than 20 km from the NTRIP base likely contributed to the observed errors, highlighting the need for additional comparative tests with surveys performed using RTK-Radio and a local known base.

The comparison of parcel vertices in the orthophotos, although not meeting the required accuracy in all cases, demonstrates the need for complementary analyses through complete ground surveys of the study area. This would enable a direct comparison between vertices extracted from the orthophotos and those obtained in the field. Among the identified outliers, more than 90% were related to points determined by the extension and intersection of line segments, with only one wall vertex appearing as discrepant across all three analyses.

Thus, although further studies are necessary — including comparisons restricted to vertices associated with clearly identifiable features in the imagery, validation against conventional topographic surveys, application of alternative real-time positioning methods, and testing with UAVs equipped with different sensors and positioning technologies — the results allow for preliminary conclusions.

It was found that, by applying a tolerance of three times the established standard error (8 mm), reaching 24 mm, orthophotos with 1 cm/pixel and 2 cm/pixel GSD met the accuracy requirements for all measured vertices. Therefore, one of the primary criteria in flight planning should be the adoption of a GSD less than or equal to 2 cm/pixel, without the need for oblique flights, as these did not produce significant improvements in mean values or standard deviations.

Similarly, the use of 1 cm/pixel GSD proved unnecessary, as flight time was more than three times longer and processing time more than ten times greater, significantly increasing computational costs and requiring higher-performance equipment.

In conclusion, despite the need for additional analyses involving different technologies, it can be stated that the use of the DJI M3M drone with RTK/NTRIP positioning satisfactorily meets the accuracy standards established by NBR 14047 — 8 cm for cartographic elaboration and up to 24 cm for comparative analyses with other methods — when flight planning is conducted with a GSD of 2 cm/pixel.

REFERENCES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133: Execution of topographic survey – Procedure. Rio de Janeiro, 2021. 57 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17047: Territorial cadastral survey for public registration – Procedure. Rio de Janeiro, 2022. 12 p.

BRAZIL. Constitution of the Federative Republic of Brazil of 1988. Brasília, DF: Civil House of the Presidency of the Republic, 1988. Official Gazette of the Union, Oct. 5, 1988. Available at: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Accessed: Dec. 8, 2019.

BRAZIL. Decree-Law nº 89.817, of June 20, 1984. National Cartography Technical Standards. Official Gazette of the Union, Brasília, DF, 1984.

BRAZIL. Law nº 13.465, of July 11, 2017. Provides for rural and urban land regularization, the settlement of credits granted to agrarian reform settlers and land regularization within the Legal Amazon; establishes mechanisms to improve the efficiency of Union property disposal procedures. Official Gazette of the Union, Brasília, DF, July 12, 2017.

BRAZIL. Ministry of Defense. Department of Airspace Control. RPA (Drone). Available at: <<https://www.decea.gov.br/>>. Accessed: May 1, 2024.

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV). Brasília, DF, 2011. Available at: <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ADGV_Defesa_FT_2016_2a_Edicao_2016.zip>.

GIM INTERNATIONAL (Netherlands). UAS Applications are ubiquitous. 2017. Available at: <<https://www.gim-international.com/content/article/uas-applications-are-ubiquitous>>. Accessed: May 1, 2024.

SANTOS, Afonso de Paula dos; RODRIGUES, Dalto Domingos; SANTOS, Nerilson Terra; GRIPP JUNIOR, Joel. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. Assessment of positional accuracy in spatial data using techniques of spatial statistics: proposal of a method and an example using the Brazilian standard. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

CONTACTS

Renato Zetehaku Araujo

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Address: Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88010-400

City: Florianópolis

COUNTRY: BRAZIL

Phone: + 55 48 3211-6061

E-mail: renato.araujo@ifsc.edu.br

Francisco Henrique de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc)

Address: Florianópolis, SC

COUNTRY: BRAZIL

Phone: +5548984113384

E-mail: francisco.oliveira@udesc.br

Allan Gomes

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Address: Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88010-400

City: Florianópolis

COUNTRY: BRAZIL

Phone: + 55 48 3211-6061

E-mail: allan.gomes@ifsc.edu.br

Adolfo Lino de Araújo

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Address: Av. Mauro Ramos, 950 - Centro, Florianópolis - SC, 88010-400

City: Florianópolis

COUNTRY: BRAZIL

Phone: + 55 48 3211-6061

E-mail: adolfo.lino@ifsc.edu.br

Metodología para la Formulación de Catastros Accesibles para la Gestión Territorial Empleando IA y Plataformas de Bajo Costo

Rigoberto Alejandro Moreno VÁZQUEZ, México

Palabras Clave: Catastro Inteligente – Gestión Territorial – Inteligencia Artificial (IA) – Software Abierto – Bajo Costo – Infraestructura Eléctrica – Inclusión Digital

RESUMEN

La gestión territorial contemporánea requiere catastros confiables y actualizables, particularmente en contextos donde los recursos económicos, técnicos y humanos son limitados. Los catastros tradicionales, basados en levantamientos manuales extensivos y altos costos de mantenimiento, resultan poco viables para atender necesidades inmediatas de planeación de infraestructura, excluyendo con frecuencia a comunidades rurales y proyectos de alto impacto social.

Ante esta problemática, he venido desarrollando una metodología propia que integra inteligencia artificial (IA), geomática y plataformas digitales de bajo costo para la generación de catastros accesibles, actualizables y útiles en la gestión territorial. Este desarrollo se ha enfocado en su aplicación práctica en la identificación de predios para la construcción de infraestructura eléctrica, con el fin de garantizar mayor eficiencia, precisión y reducción de costos en los procesos de planeación y ejecución.

Metodología para la Formulación de Catastros Accesibles para la Gestión Territorial Empleando IA y Plataformas de Bajo Costo

Rigoberto Alejandro Moreno VÁZQUEZ, México

1. LA PROPUESTA METODOLÓGICA INTEGRA TRES COMPONENTES PRINCIPALES:

- 1.- Obtención de datos geospaciales mediante fuentes abiertas (OpenStreetMap, Google Earth Engine, ortofotos con drones de bajo costo) e imágenes satelitales libres (Sentinel-2, Landsat 8/9), asegurando cobertura espacial amplia y actualizaciones frecuentes.
- 2.- Procesamiento con algoritmos de IA aplicados en clasificación y detección de objetos: redes neuronales convolucionales (CNN) para identificar edificaciones, caminos y cuerpos de agua; Random Forest y SVM para clasificación supervisada de coberturas del suelo; y segmentación semántica para delimitar polígonos de predios con precisión.
- 3.- Estructuración y validación catastral en plataformas abiertas (QGIS, PostgreSQL/PostGIS), organizando la información en un modelo simplificado que incorpora atributos legales, ambientales y socioeconómicos, orientado a proyectos de infraestructura eléctrica.

2. APLICACIÓN EN INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA:

El **plan piloto**, resultado de este trabajo que he venido desarrollando, ha sido implementado en la **identificación de predios para proyectos de transmisión y transformación eléctrica**. Los resultados preliminares demuestran:

- Reducción de hasta **70 % en costos** frente a metodologías tradicionales.
- Procesos de producción **3 a 5 veces más rápidos**, apoyados en IA y fuentes abiertas.
- Capacidad de **actualización en tiempo casi real**, mediante imágenes satelitales recientes o vuelos programados de dron.

Este enfoque no solo optimiza la gestión territorial, sino que fortalece la planeación y certeza jurídica en el desarrollo de infraestructura estratégica.

Impacto esperado:

- **Democratizar** el acceso a catastros en municipios y proyectos con recursos limitados.
- **Mejorar** la precisión y frecuencia de actualización de datos geospaciales.
- **Fortalecer** la transparencia y certeza en la gestión de predios.
- **Promover** el uso de software abierto y plataformas de bajo costo como alternativa sostenible.

3. CONCLUSIÓN:

El trabajo que he venido desarrollando en catastros accesibles demuestra que la integración de inteligencia artificial con plataformas digitales de bajo costo constituye una solución innovadora, viable y escalable para la administración de tierras. Su aplicación práctica en la identificación de predios para infraestructura eléctrica evidencia que esta metodología puede adaptarse a distintos contextos rurales y urbanos, contribuyendo a la modernización catastral y a la planeación estratégica en América Latina.

NOTAS BIOGRÁFICAS

Rigoberto Alejandro Moreno Vázquez es experto en ciencias geoespaciales con más de 22 años de trayectoria, reconocido tanto en México como a nivel internacional por su labor académica, investigadora y por impulsar la innovación tecnológica en los ámbitos de topografía, geodesia y geoinformación. Actualmente es Jefe del Departamento de Innovación y Transformación Digital de la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación en la Comisión Federal de Electricidad (CFE) del Gobierno de México.

Asimismo, es profesor titular de la Licenciatura en Ingeniería en Topografía y Geomática en la Universidad de Guadalajara y docente en la Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en la Universidad del Pacífico, Paraguay.

CONTACTO

Rigoberto Moreno

rigobertoamv@gmail.com

AI Opportunities for Cadastre in Support of Integrated Land Administration

Darlan Miranda NUNES, Silvana Philippi CAMBOIM, Daniel Camilo de Oliveira DUARTE, Brazil

Keywords: Multipurpose Cadastre, Artificial Intelligence, Land Administration Domain Model (LADM), Cadastre 3D, Land Administration.

SUMMARY

Artificial intelligence (AI) is creating unprecedented opportunities to modernise land cadastre systems, transforming them into dynamic, integrated tools that support sustainable development and climate resilience. While traditional cadastral data management has often relied on manual, fragmented processes, AI offers scalable and adaptable solutions that significantly enhance efficiency, automation, and interoperability. These advancements are particularly crucial amid global challenges such as rapid urbanisation, socio-environmental vulnerabilities, and the pressing need for adaptive responses to climate change. The transition to 3D cadastre further amplifies this complexity, requiring sophisticated tools to maintain updated databases and adhere to international standards, such as the Land Administration Domain Model (LADM). While these advances are necessary and welcome, they also demand new tools and approaches to overcome the limitations still present in traditional cadastral systems. In large, diverse countries such as Brazil, structural inequalities between municipalities in terms of population size, institutional capacity, human resources and technological infrastructure represent a key barrier to universalising reliable, integrated land administration. Many local governments lack the means to maintain up-to-date cadastre databases or implement digital tools to support decision-making and policy design. In this context, AI emerges not only as a technological opportunity but also as a potential enabler of inclusion. It can enable municipalities with limited resources to automate key processes, reduce operational costs and provide better public services supported by accurate land data. This paper explores how AI technologies, including Machine Learning (ML), Deep Learning (DL), Computer Vision, and Large Language Models (LLMs), can revolutionise the multipurpose cadastre. It focuses on applications aligned with LADM and cadastre developments, highlighting opportunities for automated feature extraction, semantic integration, 3D modelling, and intelligent interaction with cadastral information. Despite significant potential, challenges persist, particularly concerning data quality, standardisation, interoperability, and the ethical implications of AI deployment. Addressing these issues through transparent, inclusive, and ethical practices is vital to fully realise AI's transformative impact on land administration, fostering more equitable and climate-resilient land governance in the 21st century.

AI Opportunities for Cadastre in Support of Integrated Land Administration

Darlan Miranda NUNES, Silvana Philippi CAMBOIM, Daniel Camilo de Oliveira DUARTE, Brazil

INTRODUCTION

The landscape of geospatial information science is undergoing a profound transformation, driven by rapid advancements in Artificial Intelligence (AI). This evolution extends beyond mere computational enhancements, fundamentally altering how spatial data is acquired, processed, analysed, and ultimately, how it informs decision-making in critical domains such as land administration. Historically, the management of land information has been a complex endeavour, often characterised by manual processes, disparate data sources, and varying levels of institutional capacity across different jurisdictions (Ashna; Ramadevi; Bhavani, 2024). These traditional approaches, while foundational, frequently struggle to keep pace with the dynamic nature of urban development, environmental changes, and the increasing demand for integrated and accessible land information.

The emergence of Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI), a specialised field at the intersection of AI and Geographic Information Science (GIScience), marks a pivotal shift. GeoAI leverages advanced AI techniques, including machine learning (ML), deep learning (DL), and computer vision, to extract meaningful insights from vast and complex geospatial datasets (Janowicz et al., 2020). This capability is particularly pertinent for the multipurpose cadastre and the Land Administration Domain Model (LADM), frameworks designed to provide comprehensive and standardised representations of land rights, restrictions, and responsibilities (RRRs) (ISO, 2024). The integration of AI within these frameworks promises to overcome long-standing challenges, such as the labour-intensive nature of cadastral mapping, the difficulties in integrating heterogeneous data, and the need for more dynamic and responsive land management systems.

This paper explores the transformative potential of AI within integrated land administration, with a particular focus on its applications within the multipurpose cadastre and LADM principles. We explore how AI can address key challenges in land administration, from automating data acquisition and updates to enhancing cadastral modelling and property valuation, by examining two use cases: (i) a GeoAI pipeline that applies street-level imagery to assist map building usage in urban purpose cadastral maintenance; and (ii) the development of a chatbot, powered by large language models, and the importance of a structure conceptual models such as the LADM. By synthesising recent advancements and identifying key challenges, this work aims to foster more efficient, equitable, and resilient land governance, especially in regions facing significant socio-economic and environmental pressures, such as Brazil.

GEOAI IN LAND ADMINISTRATION

The integration of Artificial Intelligence (AI) into land administration systems is catalysing a paradigm shift from traditional, often manual, processes to more dynamic, automated, and intelligent workflows. This evolution is critical for addressing the complexities of modern land management, including rapid urbanisation, the need for sustainable development, and the transition towards 3D and 4D cadastres (Paixão, Nichols, Carneiro, 2012). A growing body of research explores the application of AI, particularly machine learning and deep learning, to enhance the capabilities of the multipurpose cadastre and systems based on the Land Administration Domain Model (LADM) (Andritsou; Alexiou; Potsiou, 2024; Mehmood; Ujang; Azri, 2025; Mete, 2025).

A significant research thrust is the use of AI for automating the extraction of cadastral information from various data sources (Mango et al., 2023; Hosseini; Atazadeh; Rajabifard, 2025). The application of computer vision techniques to high-resolution satellite and aerial imagery, as well as street-level imagery, enables the automatic detection of buildings, infrastructure, and changes in land use. This automates the otherwise laborious process of cadastral mapping and updating, ensuring that land information systems reflect the on-the-ground reality more accurately and efficiently (Uşak; Çağdaş; Kara, 2024). For instance, deep learning models can be trained to identify informal settlements or unauthorised constructions, providing crucial data for urban planning and regularisation efforts (Sithole; Mhangara, 2025).

Another key area of application is in property valuation. AI-powered mass valuation models are being developed to provide more accurate and equitable property assessments for taxation purposes. These models can analyse a wide range of variables, including location, property characteristics, and market trends, to generate valuations that are more consistent and transparent than traditional methods (Gao et al., 2022; Mete, 2025). This not only supports fiscal management but also contributes to a fairer distribution of the tax burden.

The transition to 3D cadastres, which is essential for managing complex urban environments with multi-level ownership and rights, presents both challenges and opportunities for AI. AI can assist in the creation and maintenance of 3D cadastral models by automatically processing point cloud data from sources like LiDAR and photogrammetry. Furthermore, the integration of Building Information Models (BIM) with LADM-based systems, facilitated by AI, allows for a comprehensive representation of both the physical and legal aspects of properties (Andritsou et al., 2024; Shahidinejad, 2025; Widyastuti et al., 2025; Zamzuri et al., 2025). This integration is crucial for applications such as urban planning, infrastructure management, and disaster response.

To provide a structured overview of the recent advancements, Table 1 summarises the key research contributions, categorised by their primary application area within land administration and related initiatives in Brazil.

Table 1. A brief outline of some of significant research contributions and initiatives related to land administration in Brazil.

Application Area	Key Technologies	Main Contribution	References
Literature Review & Trend Analysis	AI, Machine Learning, Structural Topic Modelling	AI-based literature review of LADM, identifying dominant research topics and highlighting trends such as 3D cadastral modelling and country-specific LADM profiles.	(McCord, 2022; Aditya et al., 2024; Uşak et al., 2024; Hosseini et al., 2025a; Mehmood et al., 2025)
3D Cadastre & BIM Integration	BIM, 3D Cadastral Data, Sensors	Development of a low-cost methodology for creating a Digital Twin of an urban neighbourhood, enabling dynamic weather simulation and energy consumption monitoring for sustainable urban management.	(Aditya et al., 2024; Andritsou et al., 2024; Shahidinejad et al., 2025b, 2025a; Widyastuti et al., 2025)
Land Consolidation & Management	GIS, Automated Algorithms	An innovative method for evaluating the difficulty of potential land consolidation using a standardised cadastral data set, providing accurate data on work complexity at individual stages.	(Maciąg et al., 2024; Mango et al., 2023)
Mass Property Valuation	GeoAI, Machine Learning (XGBoost, LightGBM)	Development of a GeoAI-integrated mass valuation model for property tax purposes, demonstrating the potential for more accurate and fair property valuations.	(Droj et al., 2024; Gao et al., 2022; Mete, 2025)
Cadastral Data Integration with LADM (Brazil)	LADM	A proposal for modelling and implementing an integrated system for Brazilian cadastres based on LADM, confirming the viability of integrating urban, rural, and public asset cadastres.	(Santos et al., 2013; Marra et al., 2017; Purificação et al., 2019; Vasquez et al., 2019)
Multipurpose Cadastre Implementation (Brazil)	3D/4D Cadastre	A discussion on the components, benefits, and implementation challenges of the Multipurpose Cadastre in Brazil, including reflections on the transition to 3D and 4D cadastres.	(Panchiniak et al., 2009; Carneiro et al., 2012; Paixão et al., 2012; Latawiec et al., 2017; Cabral et al., 2020)

PROPOSALS AND DEVELOPED WORKS

Building upon state-of-the-art technology, this section outlines specific proposals and developed works that can promote advances in the direction of the LADM by further integrating AI technologies into Brazil's multipurpose cadastre.

3.1 Enhancing cadastral data acquisition and update through automated feature extraction

Automating cadastral data acquisition and update processes offers a significant opportunity to improve the efficiency and accuracy of land administration. Traditional methods often involve labour-intensive field surveys and manual digitisation, which are time-consuming and prone to inconsistencies (Ramalingam & Kumar, 2023). Leveraging deep learning techniques, particularly Convolutional Neural Networks (CNNs), for automated feature extraction from various imagery sources provides a scalable solution. For instance, detecting irregular constructions and changes in land use can be significantly streamlined by applying CNNs to both orbital and street-level imagery (Al-Habashna, 2022). This approach, highlighted in the proposed innovations for CTM, directly optimises cadastral updates and enhances territorial fiscalisation without substantially increasing operational costs.

A concrete application of this advancement was implemented in our ongoing study conducted in a Brazilian urban environment. The research focuses on classifying urban building usage types using 360 ° terrestrial mobile mapping images. In this study, we employed advanced convolutional neural network (CNN) architectures – Inception-ResNet-v2 for building detection and EfficientNet-B7 for the subsequent classification task. While this approach is conceptually aligned with the methodology proposed by Ramalingam and Kumar (2023), our work is distinguished by using a custom-trained model specifically adapted to a dataset of 360° urban terrestrial imagery.

The methodology successfully categorised buildings into residential, commercial, industrial, and 'other' uses, achieving high accuracy in complex urban environments (Figure 1). This work not only showcases the technical feasibility of automated classification but also provides a framework for modernising the multipurpose cadastre by enabling a more dynamic understanding of urban land use patterns. The ability to automatically interpret property typologies from street-level imagery enables more efficient regularisation procedures. It provides valuable data to support decision-making, for example, in promoting equitable property taxation, addressing a critical gap faced by many municipalities.



Figure 1. Example of automated building detection (a) and classification (b) using 360° terrestrial mobile mapping imagery in an urban environment.

3.2 Semantic integration and intelligent interaction with cadastral information

The semantic integration of heterogeneous cadastral data and the provision of intelligent interaction mechanisms are crucial for enhancing the interoperability and accessibility of land information (Chehrehabargh et al., 2025). The Land Administration Domain Model (LADM) provides a standardised framework for modelling land administration information (ISO, 2024), but its implementation can be challenging within contexts characterised by diverse institutional capacities and data availability, such as Brazil. AI, particularly Large Language Models (LLMs), can play a pivotal role in bridging the semantic gap between different data sources and providing more intuitive ways for users to interact with cadastral data (Okembo, 2024).

One of the current research projects being developed by the Territorial Engineering and Management Group (GENTE) at the Federal University of Viçosa, Brazil, involves creating a geospatial chatbot for citizen services. This chatbot, powered by an LLM, would be able to understand and respond to natural language queries from citizens regarding property taxes (IPTU), zoning regulations, and other geospatial information. However, effective implementation of such a system relies on the adoption of structured conceptual models, such as the LADM, which provide the necessary semantic and data interoperability. This foundational structure not only ensures consistent and context-aware responses but also facilitates the system's adaptation across different municipal contexts, thereby enhancing its scalability and broader applicability. By integrating the chatbot with an LADM-compliant database, it would be possible to provide accurate and context-aware responses, significantly reducing bureaucratic hurdles and enhancing citizen engagement.

Furthermore, the use of LLMs can be extended to support data integration and harmonisation. By training LLMs on cadastral and legal documents, it is possible to develop models that can automatically extract and classify information on rights, restrictions, and responsibilities (Widyastuti et al., 2025), and map them to the LADM structure. While this direction holds significant promise, further research is still required to fully realise these capabilities and address challenges related to accuracy, interpretability, and domain-specific adaptation. Advancements in this area would greatly facilitate the migration of legacy data to LADM-compliant systems, ensuring greater semantic consistency across heterogeneous datasets.

Ethical and governance considerations.

Although this paper primarily explores the technical opportunities of GeoAI in land administration, it is important to emphasise that the work is exploratory and reflective regarding potential uses and points that require attention before large-scale adoption. AI applications in cadastral and land governance systems can inadvertently reinforce social inequalities or create new vulnerabilities if not critically examined. Recent debates discuss the ethical and responsible use of geospatial AI.

The ethical and responsible use of AI in cartography revolves around five critical and interconnected challenges: bias, geoprivacy, responsibility, commodification, and the combined issues of transparency, explainability, and provenance (Kang et al., 2024). GeoAI models risk amplifying existing social and spatial biases present in training data, requiring continuous effort to observe, analyse, and mitigate these effects through inclusive and

equitable practices (Kang et al., 2024; Nelson et al., 2025). Major concerns are raised regarding geoprivacy, as GeoAI relies on large volumes of location data, which can lead to inadvertent disclosure of private behaviours, surveillance risks, and the potential misuse of technologies like predictive policing (Locus Charter, 2025). Accountability is challenging because the complex "black box" nature of deep learning algorithms makes it difficult to trace decision-making processes (provenance) or assign responsibility for generating inaccurate or "unethical maps". Achieving transparency and explainability is vital to building public trust, while simultaneously, the commodification of GeoAI assets (training data, models, and cartographic output) introduces new ethical questions about intellectual property, ownership, and the potential to exacerbate the digital divide between the Global North and South (Fish et al., 2025). Ethical deployment of AI is also about social justice — avoiding solutions that inadvertently deepen the digital divide or exclude communities with weaker technical infrastructures.

Key guidelines for addressing these issues include assessing impacts and minimising harm, mitigating biases in training data, protecting the privacy of individuals and communities, and ensuring transparency and accountability in automated decision-making. By explicitly acknowledging these risks and framing our proposals as an initial step towards responsible innovation, we invite further interdisciplinary dialogue and the development of governance frameworks that can support the inclusive and equitable deployment of AI in land administration. Future studies should deepen these ethical reflections by connecting them to global initiatives (e.g., UN-GGIM's Integrated Geospatial Information Framework [UN, 2023], OGC and ISO standards) and to social inclusion concerns. Ensuring that AI-driven cadastral innovations do not exacerbate the digital divide is essential for equitable land governance. This work aims to initiate a research and policy agenda rather than provide a prescriptive framework, inviting multi-stakeholder dialogue on responsible GeoAI adoption.

FINAL REMARKS

The AI-driven approach to multipurpose cadastre and LADM frameworks represents a transformative shift in land administration. This paper highlights the multifaceted opportunities offered by GeoAI, presenting a use case. Additionally, it outlines the potential role of large language models (LLMs) in enabling semantic integration and intelligent interaction with cadastral information. By powering data acquisition, enhancing property valuation, and facilitating the transition to 3D cadastres, AI technologies are paving the way for more efficient, accurate, and equitable land governance systems.

Recent literature highlights a clear trend towards leveraging AI for tasks such as automated feature extraction from diverse imagery sources, which significantly streamlines cadastral mapping and updating (Uşak et al., 2024; Hosseini et al., 2025b). Furthermore, AI-powered mass valuation models are proving instrumental in achieving more accurate and fair property assessments for taxation (Mete, 2025). The critical role of AI in supporting the development and maintenance of 3D cadastral models, particularly through the integration of BIM with LADM-based systems, underscores its importance in managing complex urban environments (Andritsou et al., 2024). Specific proposals and ongoing works within the Brazilian context showed the practical applicability of some of these advancements. Initiatives focusing on automated detection of urban buildings from 360° terrestrial mobile mapping imagery in an

urban classification task and the development of geospatial chatbots powered by LLMs for citizen services exemplify how AI can enhance both the efficiency of cadastral operations and the accessibility of land information. These efforts are crucial for countries facing challenges related to data inconsistency and the need for streamlined administrative processes.

While the potential of AI in land administration is immense, challenges related to data quality, standardisation, interoperability, and ethical considerations remain (Micheli et al., 2022). These aspects underscore the importance of structured conceptual models, such as the LADM, to ensure semantic and data interoperability. Addressing these issues through methodological frameworks, interdisciplinary collaboration, and transparent governance will be essential to harnessing AI's full transformative power. Finally, the strategic integration of AI into multipurpose cadastres and LADM systems has the potential to promote more resilient, interoperable, and inclusive land administration practices globally. Still, it requires advances to be extended and reach diverse institutional capacities effectively.

REFERENCES

- Aditya, T., Andaru, R., Santosa, P. B., Wijaya, C., Nugroho, A., Ashaari, F., Sulistyawati, M. N., Nasywa, A., Emor, B., Darmawan, B., & Fitrady, A. (2024). Design of Mixed Reality Applications for Visualizing Integrated 3D Land Information Services. *12th International FIG Land Administration Domain Model & 3D Land Administration Workshop*, 225–242. https://gdmc.nl/3DCadastres/workshop2024/programme/3DLA2024_paper_M.pdf
- Al-Habashna, A. (2022). *Building Type Classification from Street-view Imagery using Convolutional Neural Networks* (N. 18-001–X).
- Andritsou, D., Alexiou, C., & Potsiou, C. (2024). BIM, 3D Cadastral Data and AI for Weather Conditions Simulation and Energy Consumption Monitoring. *Land*, 13(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/land13060880>
- Ashna, Ramadevi, & Bhavani. (2024). Artificial Intelligence Driven Digitization of Cadastral Maps. *International Journal of Engineering Innovations and Management Strategies*, 01(09), 1–10.
- Cabral, C. R., Hasenack, M., França, R. M. D., Araújo, A. L. D., & Boscatto, F. (2020). Uma proposta de Cadastro Territorial para o Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, 72, 745–764. <https://doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56469>
- Carneiro, A. F. T., Erba, D. A., & Augusto, E. A. A. (2012). CADASTRO MULTIFINALITÁRIO 3D: CONCEITOS E PERSPECTIVAS DE IMPLANTAÇÃO NO BRASIL. *Revista Brasileira de Cartografia*, 64(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.14393/rbcv64n2-43791>
- Chehrehbargh, F. J., Rajabifard, A., Atazadeh, B., Steudler, D., Shahidinejad, J., & Nugraha, B. W. (2025). A Feasibility Assessment of an Extended LADM: Enhancing Land

Administration Systems Through Object-Relational Database Management. *Transactions in GIS*, 29(4), e70083. <https://doi.org/10.1111/tgis.70083>

Droj, G., Kwartnik-Pruc, A., & Droj, L. (2024). A Comprehensive Overview Regarding the Impact of GIS on Property Valuation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/ijgi13060175>

Fish, C. S., Roth, Robert E., Raposo, Paulo, Guidero, Elaine M., & Sui, Z. (2025). Why conduct cartographic research: A comparison of cartographic research contributions in four International Cartographic Association (ICA) affiliated journals. *International Journal of Cartography*, 11(2), 190–215. <https://doi.org/10.1080/23729333.2025.2475411>

Gao, Q., Shi, V., Pettit, C., & Han, H. (2022). Property valuation using machine learning algorithms on statistical areas in Greater Sydney, Australia. *Land Use Policy*, 123, 106409. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106409>

Hosseini, H., Atazadeh, B., & Rajabifard, A. (2025a). Towards intelligent land administration systems: Research challenges, applications and prospects in AI-driven approaches. *Land Use Policy*, 157, 107652. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107652>

Hosseini, H., Atazadeh, B., & Rajabifard, A. (2025b, abril). Artificial Intelligence for Querying Land and Property Data from Cadastral Plans. *FIG Working Week 2023*, 16.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). (2024). *ISO 19152-1:2024: Geographic information—Land Administration Domain Model (LADM) – Part 1: Generic conceptual model* (First edition). Technical Committee ISO/TC 211, Geographic information/Geomatics. <https://www.iso.org/standard/81263.html>

Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625–636. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>

Kang, Y., Gao, S., & Roth, R. E. (2024). Artificial intelligence studies in cartography: A review and synthesis of methods, applications, and ethics. *Cartography and Geographic Information Science*, 51(4), 599–630. <https://doi.org/10.1080/15230406.2023.2295943>

Latawiec, A. E., Strassburg, B. B. N., Silva, D., Alves-Pinto, H. N., Feltran-Barbieri, R., Castro, A., Iribarrem, A., Rangel, M. C., Kalif, K. A. B., Gardner, T., & Beduschi, F. (2017). Improving land management in Brazil: A perspective from producers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.043>

Locus Charter. (2025). *Locus Charter*. EthicalGEO. <https://ethicalgeo.org/locus-charter/>

Maciąg, M., Maciąg, K., & Leń, P. (2024). Algorithm for Evaluating the Difficulty of Land Consolidation Using Cadastral Data. *Sustainability*, 16(13), Artigo 13. <https://doi.org/10.3390/su16135648>

Mango, J., Wang, M., Mu, S., Zhang, D., Ngondo, J., Valerian-Peter, R., Claramunt, C., & Li, X. (2023). Transform paper-based cadastral data into digital systems using GIS and end-to-end deep learning techniques. *International Journal of Geographical Information Science*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658816.2023.2178002>

Marra, T., Barbosa, K., Oliveira, O., & Oliveira, E. (2017). Improving Land Administration in Brazil: Re-Engineering Cadastre using LADM. *Proceedings of the Annual World Bank Conference on Land and Poverty; Responsible Land Governance: Towards an Evidence Based Approach*, 1–27.

McCord, M. (2022). *A Review of the methods, applications, and challenges or adopting artificial intelligence in the property assessment office*.

Mehmood, U., Ujang, U., & Azri, S. (2025). Machine Learning based literature review of Land Administration. *Boletim de Ciências Geodésicas*.

Mete, M. O. (2025). Developing GeoAI Integrated Mass Valuation Model Based on LADM Valuation Information Great Britain Country Profile. *Transactions in GIS*, 29(1), e13273. <https://doi.org/10.1111/tgis.13273>

Micheli, M., Gevaert, C. M., Carman, M., Craglia, M., Daemen, E., Ibrahim, R. E., Kotsev, A., Mohamed-Ghouse, Z., Schade, S., Schneider, I., Shanley, L. A., Tartaro, A., & Vespe, M. (2022). AI ethics and data governance in the geospatial domain of Digital Earth. *Big Data & Society*. <https://doi.org/10.1177/20539517221138767>

Nelson, T., Frazier ,Amy E., Kedron ,Peter, Dodge ,Somayeh, Zhao ,Bo, Goodchild ,Michael, Murray ,Alan, Battersby ,Sarah, Bennett ,Lauren, Blanford ,Justine I., Cabrera-Arnau ,Carmen, Claramunt ,Christophe, Franklin ,Rachel, Holler ,Joseph, Koylu ,Caglar, Lee ,Angela, Manson ,Steven, McKenzie ,Grant, Miller ,Harvey, ... and Wilson, J. (2025). A research agenda for GIScience in a time of disruptions. *International Journal of Geographical Information Science*, 39(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/13658816.2024.2405191>

Okembo, C. O. (2024). *Data modeling and interoperability for an inclusive and distributed land administration system: The case of a LADM based country profile for Kenya*. <https://doi.org/10.3990/1.9789036562850>

Paixão, S. K. S., Nichols, S., & Carneiro, A. F. T. (2012). Cadastro Territorial Multifinalitário: Dados e problemas de implementação do convencional ao 3D e 4D. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 18(1), 3–21. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702012000100001>

Panchiniak, T., Oliveira, F. H., & Ribas, R. P. (2009). *O CADASTRO 3D NO BRASIL – SIMILARIDADES E DIFERENÇAS ENTRE A PORTARIA 511/2009 E A ISO 19.152*.

Purificação, N. R. S. da, Carneiro, A. F. T., & Julião, R. P. (2019). A Proposal for Modeling and Implementing an Integrated System for Brazilian Cadastres According to ISO 19152:2012 Land Administration Domain Model. *Bulletin of Geodetic Sciences*, 25(4), 18. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702019000400026>

Ramalingam, S. P., & Kumar, V. (2023). Automatizing the generation of building usage maps from geotagged street view images using deep learning. *Building and Environment*, 235, 110215. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110215>

Santos, J., Carneiro, A., & B. Andrade, A. (2013). Analysis of the application of LADM in Brazilian Urban Cadastre: A case study for the City of Arapiraca - Brazil. *Proceedings of the 5th Land Administration Domain Model Workshop*, 277–290.

Shahidinejad, J., Kalantari, M., & Rajabifard, A. (2025a). 3D Cadastral database implementation based on LADM edition II and IFC. *Survey Review*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00396265.2025.2544404>

Shahidinejad, J., Kalantari, M., & Rajabifard, A. (2025b). Legal Requirement Analysis for 3D Cadastral Database Design. *Transactions in GIS*, 29(2), e70025. <https://doi.org/10.1111/tgis.70025>

Sithole, L., & Mhangara, P. (2025). Classification of informal settlements using novel object-based machine learning algorithms and drone imagery, Slovo Park, Johannesburg, South Africa. *International Journal of Remote Sensing*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431161.2025.2518504>

United Nations (UN). (2023). *United Nations Integrated Geospatial Information Framework: A strategic guide to develop and strengthen national geospatial information management. Part 1: Overarching Strategy* (N. Part 1; United Nations Integrated Geospatial Information Framework (UN-IGIF), p. 27). United Nations. <https://ggim.un.org/UN-IGIF/>

Uşak, B., Çağdaş, V., & Kara, A. (2024). Current Cadastral Trends—A Literature Review of the Last Decade. *Land*, 13(12), Artigo 12. <https://doi.org/10.3390/land13122100>

Vasquez, L., Zevenbergen, D., Todorovski, B., Reydon, Brazil, (brazil, L., Zevenbergen, J., Todorovski, D., & Reydon, B. (2019). *Modeling The Complex Land Administration in Brazil*. *Modeling The Complex Land Administration in Brazil*.

Widyastuti, R., Suwardhi, D., Meilano, I., Hernandi, A., & Firdaus, J. (2025). Automating Three-Dimensional Cadastral Models of 3D Rights and Buildings Based on the LADM Framework. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(8), 293. <https://doi.org/10.3390/ijgi14080293>

Zamzuri, A., Rahman, A. A., Hassan, M. I., & Oosterom, P. van. (2025). BIM/IFC-LADM mapping framework for Sarawak country profile. *Survey Review*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00396265.2025.2532947>

BIOGRAPHICAL NOTES

Darlan Nunes is Professor at Land Surveying and Cartography Engineering at the Federal University of Viçosa (UFV), Brazil. Is currently PhD candidate at the Postgraduate Program

in Geodetic Sciences at the Federal University of Paraná (UFPR). His research interest has been focused on Cartography, VGI, Geospatial Data Science and GeoAI.

Silvana Camboim is currently a professor at the Federal University of Paraná (UFRP), Brazil, and was a visiting researcher at the Politecnico di Milano (2023). Her research has focuses in the field of Geosciences, with an emphasis on Cartography, Geographic Information Science, Spatial Databases, Spatial Data Infrastructure, VGI and Open Source Geotechnologies.

Daniel Duarte is Professor at Land Surveying and Cartography Engineering at the Federal University of Viçosa (UFV), Brazil. His research line focuses on GIS applied to multipurpose cadastre, land management and mass property valuation.

CONTACTS

Darlan Nunes

Geodetic Science Graduate Programme, Federal University of Parana
Av. Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas
Curitiba
BRAZIL
E-mail: darlan.nunes@ufpr.br | darlan.nunes@ufv.br

Bibliometric Analysis of the Use of UAVs in Urban Area Cadastre

Hatan PINHEIRO SILVA, Everton DA SILVA, Yasmim RIZZOLLI FONTANA DOS SANTOS, Francisco Eduardo DE MELLO FRANCO SÁ and Liane RAMOS DA SILVA, Brazil.

Keywords: Remotely piloted aircraft, unmanned aerial vehicle, multipurpose cadastre, bibliometric review.

SUMMARY

With the technological advancement of Unmanned Aerial Vehicle (UAV), new applications are being incorporated into municipal dynamics for territorial management. Uses such as monitoring irregular settlements and inspecting construction sites have become commonplace for bodies responsible for territorial management. However, the utility of UAVs for planning and cadastral updating purposes is increasingly significant. The multipurpose cadastre is the official record of a municipality's land parcels, requiring periodic updates of parcel boundaries, primarily for fiscal purposes, to ensure fair tax collection. Given the growing interest in UAVs applications and the constant need for updated territorial information, this study conducts a systematic bibliometric review to better understand the relationship and contributions of UAVs to the qualification of the territorial cadastre. The Scopus database was used as the primary data source, and bibliometric analysis was performed using VOSviewer and Bibliometrix software. The search, conducted in April 2025, targeted documents until 2024. The bibliometric analysis of 140 results demonstrates a significant increase in publications over the last decade, with 2023 and 2024 having the highest number (18 and 22, respectively). China (21), Germany (13), the USA (10), the Netherlands (9), and Italy (9) were the most productive countries. A qualitative analysis of 13 key publications highlights the evolution from technical validation and accuracy comparisons with traditional methods towards practical applications in land rights registration, disaster response, tax inspection, and 3D cadastre. While most academic works recognize the relationship between UAV use and cadastral improvement, few delve into the challenges of integrating this data with pre-existing legal systems, the long-term sustainability of UAV-based programs, or the direct benefits for territorial governance and local populations.

Bibliometric Analysis of the Use of UAVs in Urban Area Cadastre

Hatan PINHEIRO SILVA, Everton DA SILVA, Yasmim RIZZOLLI FONTANA DOS SANTOS, Francisco Eduardo DE MELLO FRANCO SÁ and Liane RAMOS DA SILVA, Brazil.

1. INTRODUCTION

Land management faces challenges associated with urban growth and informal settlements, demanding agile and effective measures from decision-makers. Technological advancements related to the use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) bring new application possibilities that can be integrated into municipal organization.

Maintaining an updated territorial information base is a minimum requirement for public administration. The multipurpose cadastre is the primary instrument supporting land management and planning, defined as the official and systematic inventory of municipal parcels (Silva, Erba and Silva, 2023). The spatial representation of land parcels is fundamental for establishing the multipurpose nature of the cadastre. Consolidating this information into a geospatial database allows managers to implement resource management practices and serves as a basis for financing public policies. Its "multipurpose" character stems from combining data from various sources linked to the parcel base, forming thematic cadastres. This approach aligns with the guidelines established by Brazilian Ordinance No. 3.242/2022, which directs the structuring of the multipurpose cadastre (Brasil, 2022).

Using UAVs for cadastral surveys offers technical and economic advantages over traditional methods, such as manned surveys and orbital imagery (Antunes and Hollatz, 2015). An UAV can cover urban areas in a short period, making the cadastral update process more agile. In terms of accuracy, when produced with ground control points, they can achieve centimetric precision, suitable for generating cadastral maps at larger scales. Furthermore, the operational flexibility of UAVs allows for the mapping of hard-to-access areas, such as informal settlements or risk areas (Neckel et al., 2021). Given this context, it is important to investigate how the scientific community has been addressing this theme. Therefore, this study adopts bibliometric analysis as its method.

Bibliometrics is a method that uses quantitative and statistical techniques to measure scientific production in a field of knowledge. Ball (2017) defines it as a methodology used to quantify scientific production through statistical techniques. This analysis allows for mapping the structure and evolution of a research field through objective indicators such as identifying research trends, mapping collaboration networks, analyzing publications through citations, and identifying the most relevant journals (Ferreira; Valdati, 2023). Thus, the objective of this work is to conduct a bibliometric analysis of the scientific production on the use of Unmanned Aerial Vehicles applied to the cadastre of urban areas, to identify its temporal evolution.

2. MATERIALS AND METHODS

This study uses bibliometric analysis as a methodological procedure for an exploratory and descriptive analysis with a quantitative approach. The Scopus database was selected as the primary source for collecting bibliographic data. This choice is justified by its broad coverage of peer-reviewed scientific literature across various fields of knowledge, as well as its metadata export functionalities, which are compatible with bibliometric analysis software.

The search was conducted in April 2025, with a temporal cutoff defined until the year 2024. The search strategy was designed to encompass publications containing terms related to unmanned aerial vehicles and urban cadastres in the title, abstract, and keyword fields (TITLE-ABS-KEY). The search expression used was:

TITLE-ABS-KEY ((cadast* OR regist*) AND (urban)) AND (uav OR rpa) AND
PUBYEAR < 2025

The terms UAV (Unmanned Aerial Vehicle) and RPA (Remotely Piloted Aircraft) were selected to represent the technology used for the cadastre. The terms "cadast" and "regist", using the asterisk "*", were used to include variations of words related to the theme (e.g., cadaster, cadastre, cadastral, register, registral), combined with the term "urban". The Boolean operators AND and OR were employed to refine and delimit the search results.

This Scopus search resulted in an initial set of 140 documents. For each of these documents, complete bibliographic records were exported, containing information such as title, authors, institutional affiliations, abstract, keywords, year of publication, and cited references. The data were exported in a format compatible with the analysis software (BibTeX and CSV), with no additional filters applied for document type, words, or languages, to obtain a comprehensive overview of scientific production.

Data analysis was structured along two main fronts: performance analysis and science mapping. Performance analysis focused on measuring scientific production through indicators such as the number of publications per year, the productivity of authors, countries, and institutions, and the identification of the most cited articles. Science mapping, in turn, aimed to visualize the intellectual structure of the research field by creating maps of co-authorship networks, keyword co-occurrence, and citations (Freire; Da Silva; Espindola, 2022).

To perform the analyses and generate graphical visualizations, the software VOSviewer and the bibliometrix package in RStudio were used. These software tools are employed in bibliometric studies for their ability to process large volumes of data and generate visual representations.

3. RESULTS

The results cover the period from 2004 to 2024, with an average annual growth rate of 16.71%. There was a small variation in the number of publications between 2004 and 2012;

only in 2013 did the number of works exceed five publications. From 2014 onwards, the number began to increase significantly and has maintained continuous growth since 2021 (Fig. 1). Among the 140 publications, there are 64 Conference Papers, 51 Articles, 21 Conference Reviews, 2 Book Chapters, 1 Editorial, and 1 Review. Conference papers are the most numerous in this search subset (45.7%), while journal articles rank second, with 36.4% of publications.

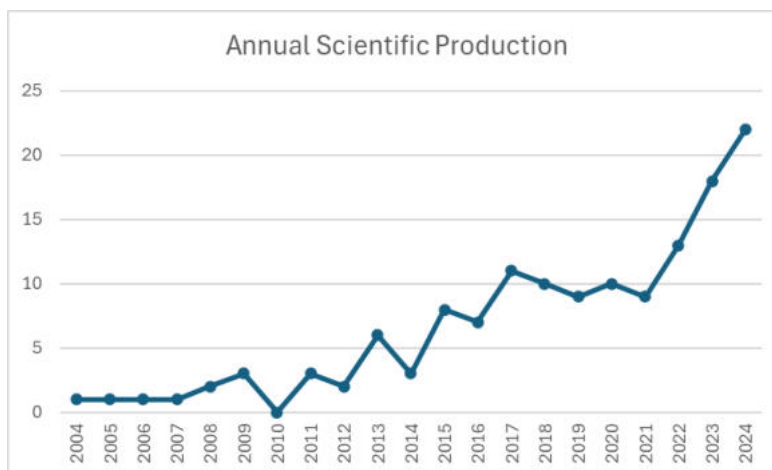


Figure 1. Number of publications per year

Publications are distributed across 16 different areas according to the Scopus classification. The main ones are: Computer Science (77 publications, 24.1%), Engineering (53 publications, 16.6%), Earth and Planetary Sciences (39 publications, 12.2%), Social Sciences (32 publications, 10%), and Physics and Astronomy (28 publications, 8.8%). Environmental Science, Materials Science, and Mathematics presented less significant numbers. It is noteworthy that each document can be listed in more than one area (Fig. 2).

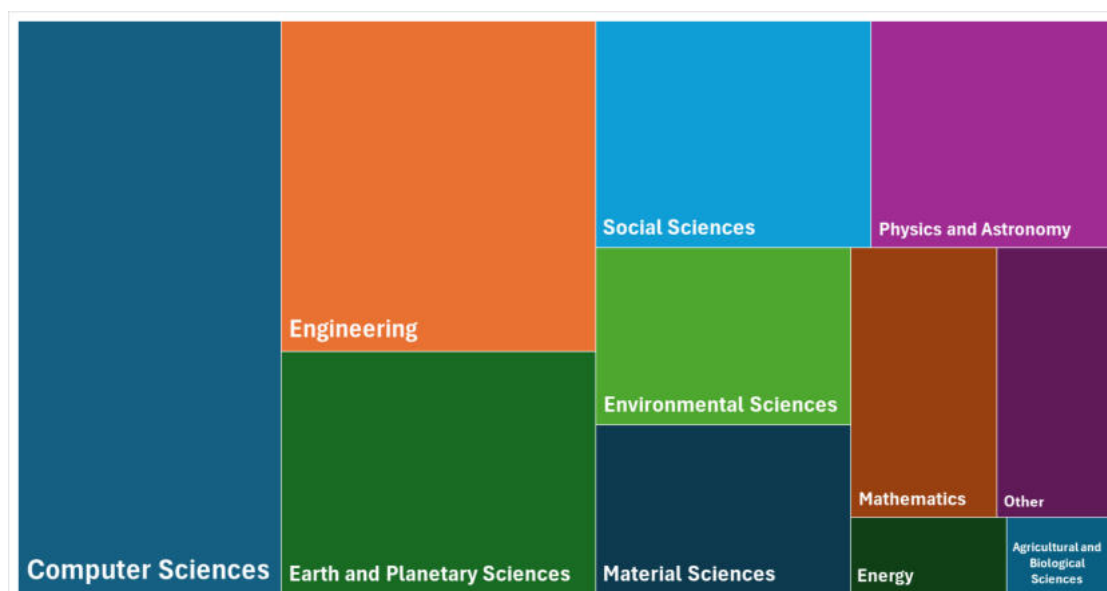


Figure 2. Publications per area.

These publications are associated with 63 different sources. The *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* stands out with the highest number of publications (20 documents). Others include *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* with 12 publications, *Remote Sensing* with 11 publications, and *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* with 5 publications. *Advances in Science, Technology and Innovation* and *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* each have 4 publications. The main sources are proceedings or archives, such as those related to *Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, which contain a large number of papers and expanded abstracts from various events on the theme.

The document set has a total of 452 authors from 46 different nationalities (Fig. 3). The top five nationalities are Chinese, German, and Italian. In contrast, the analysis of academic production by affiliation reveals a distribution among various research institutions and universities that does not directly correspond to the authors' origins (Fig. 4). The most prominent is *Sofia University St. Kliment Ohridski* (Bulgaria) with 11 publications, followed by the *Fraunhofer Institute for Optronics* (Germany) with 9 documents. Institutions such as the *University of Calgary* (Canada) and the *University of Twente* (Netherlands) also feature, both with 8 publications.

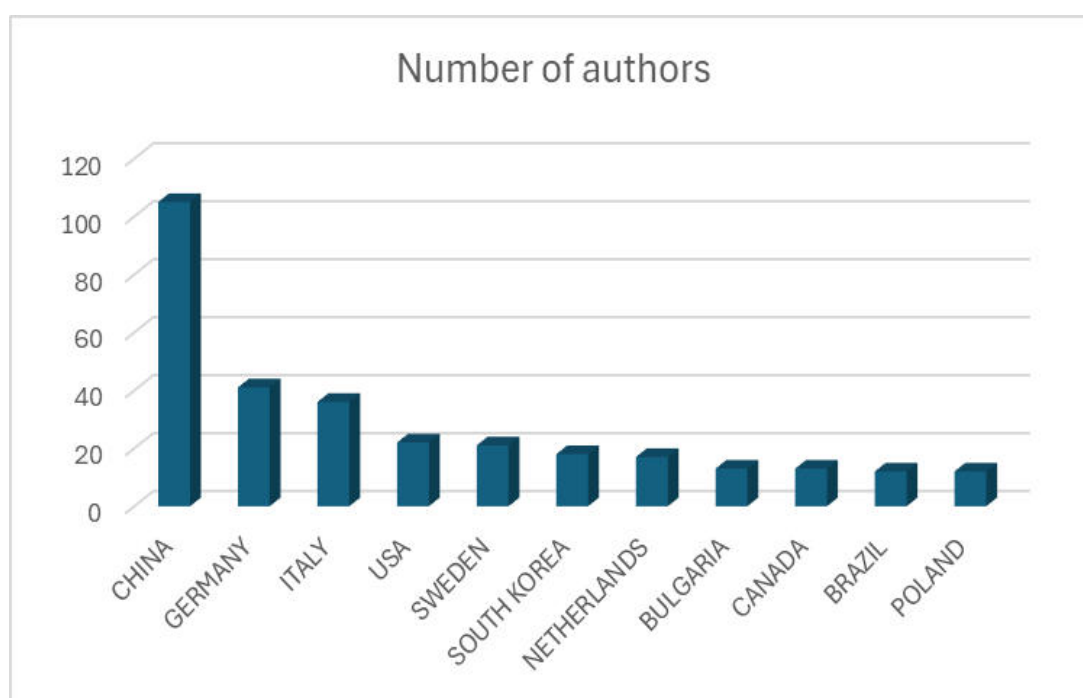


Figure 3. Number of authors by country.

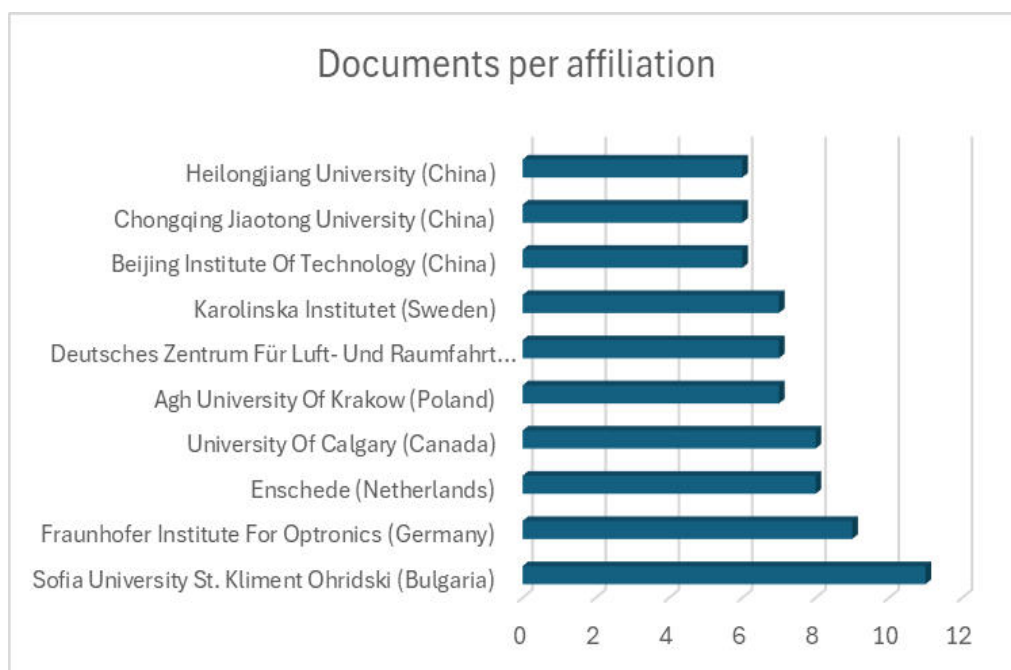


Figure 4. Number of publications by institution and country.

The most cited publications globally are: "Multi-Temporal Remote Sensing Image Registration Using Deep Convolutional Features" (Yang; Dan; Yang, 2018) and "Benchmark For Multi-Platform Photogrammetry" (Nex et al., 2015). The first is a journal article and the second a conference paper, both with over 150 citations. There are 8 documents with more than 50 citations globally (Fig. 5), all published from 2014 onwards. However, at the local level (within the dataset), there are no reciprocal citations, meaning the works do not cite each other.

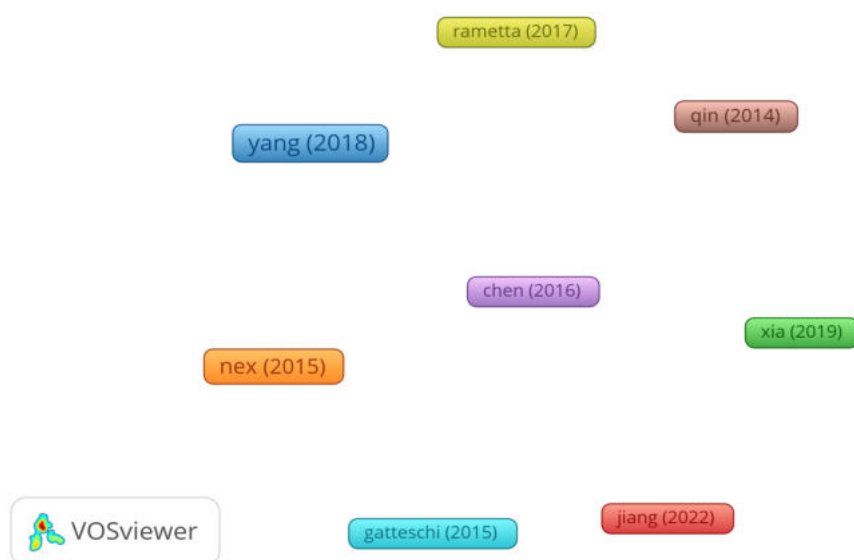


Figure 5. Most globally cited publications in the Scopus database.

Meanwhile, the most cited references locally are "A Method For Registration Of 3-D Shapes" (Besl; McKay, 1992); "Speeded-Up Robust Features (SURF)" (Bay et al., 2008) and "Random Sample Consensus: A Paradigm For Model Fitting With Applications To Image Analysis And Automated Cartography" (Fischler; Bolles, 1981). These articles are also prominent in co-citation, especially the first one, which is the central point dividing the two clusters (Fig. 6).

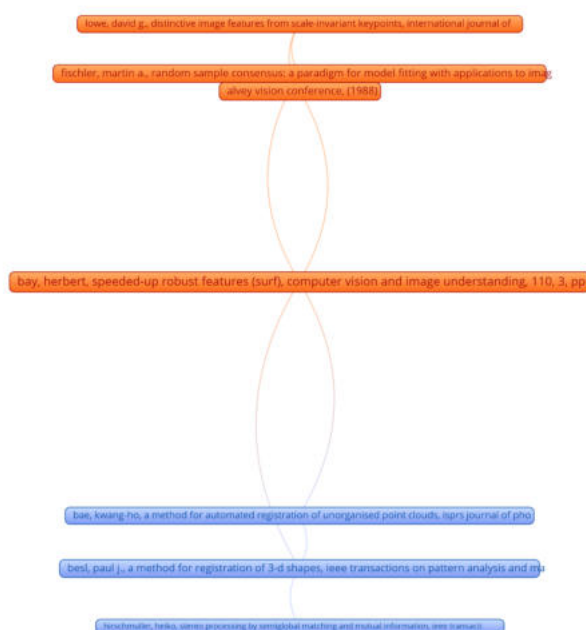


Figure 6. Bibliographic coupling.

The keyword map of the results highlights the recurrence of some terms associated with 4 clusters (Fig. 7). The term "unmanned aerial vehicles (UAV)" is the central term with 94 occurrences and is linked to all clusters, demonstrating that UAV technology is indeed connected to the entire set of publications. The term "antennas" (37 occurrences) appears second, linked to research on communication and data transmission and the use of UAVs.

The terms "remote sensing" (28 occurrences) and "photogrammetry" (27 occurrences) show the strong integration of unmanned aerial platforms with remote sensing and photogrammetry techniques, fundamental for acquiring and processing spatial data. Also notable are "mapping" (22 occurrences) and "image registration" (17 occurrences), indicating the relevance of cartographic applications and image alignment for spatial analyses. Other important terms are "three dimensional computer graphics" and "urban planning", each with 13 occurrences, suggesting a connection between the use of UAVs, 3D modeling, and urban planning.

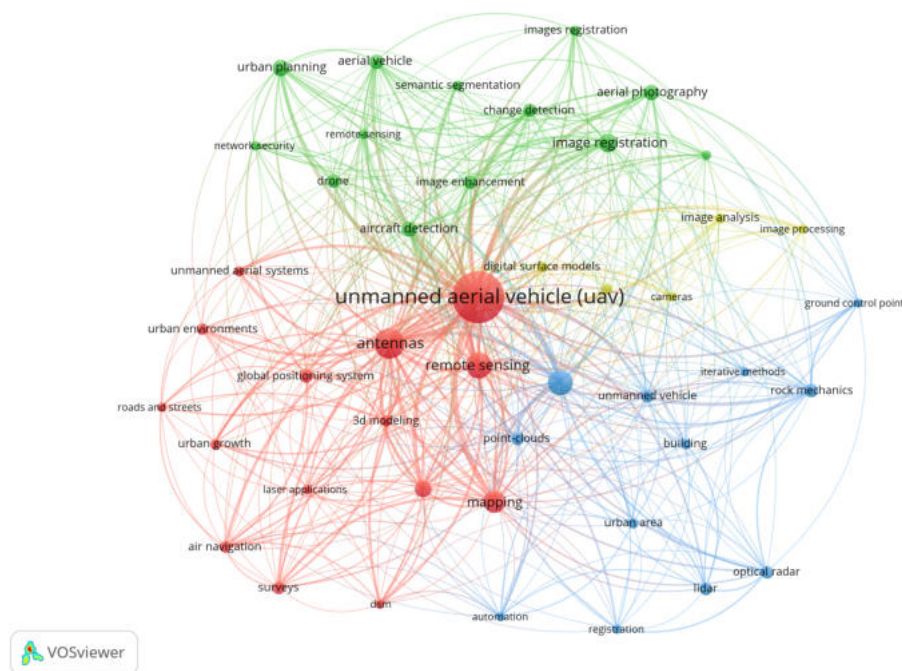


Figure 7. All keywords map

There are 45 words on the map (Fig. 7) with 5 occurrences or more. In this context, the terms "urban cadastre" or "urban registration" are not highlighted, although terms like "urban growth," "urban environments," "urban planning," and "urban area" do occur. The term "registration" (blue cluster) has 15 connections but is mainly linked to photogrammetry and associated equipment. In general, the works with the highest number of citations in the research have a technical focus, geared towards comparing methodologies and applications using high-resolution images from UAVs. Twenty-two publications had an emphasis on cadastre. Their abstracts were reviewed, and 13 that were more prominent on the theme were selected. These works are concentrated between 2016 and 2024, and a brief qualitative analysis is conducted below.

Chandrarathne (2016) is one of the first works aiming to compare cadastral surveys done with high-resolution UAV images and those done with a total station, produced in Sri Lanka. The comparison showed good potential for use in cadastral surveying. For this, various attributes derived from the parcels, such as area and position, were produced. The comparisons show that about 70% of parcel boundaries can be derived with acceptable accuracy and precision, meeting cadastral survey standards. The author indicates that using data from UAVs results in a faster update of cadastral maps in a more economical and convenient manner.

Márquez and Soto (2017) emphasize the importance of the level of detail found in aerial surveys with UAVs and present an application of stereoscopic restitution at a 1/1000 scale carried out in an urban/rural locality in southern Chile. This work used a fixed-wing UAV

(Mavinci Sirius Pro, Topcon) aiming to produce cadastral plans, applying additional terrain pattern recognition algorithms.

Also in 2017, the work "*Towards innovative geospatial tools for fit-for-purpose land rights mapping*" by Koeva *et al.* (2017) was published in the *ISPRS Geospatial Week 2017* archives. The expanded abstract deals with a case study, mapping a large area of Sub-Saharan Africa with the objective of recognizing land rights using innovative technologies, part of the *its4land* project, from the European Commission's Horizon 2020 program. This project aims to develop tools inspired by the *continuum* of land rights and land management. The innovation process incorporates emerging geospatial technologies, such as smart sketches, UAVs, automated feature extraction, as well as geocloud services.

In this same line of cadastral surveying, Viñuales, Sleive, and Chalabe (2019) have a case study and the results achieved in an urban area in the Quebrada de Humahuaca, Argentina. A site certified as a UNESCO World Heritage Site, which was affected by a landslide and floods in January 2017. Precise and rapid action was needed to start reconstruction works of houses that had to be demolished due to a high degree of degradation. For this, a general update of the Cadastral Records of the city was necessary, which were analyzed individually based on the information collected for the elaboration of the Cadastral Map. The work describes each phase of the survey and application using a UAV.

Barbosa *et al.* (2020) present the application of using UAVs and terrestrial surveys to capture spherical images to obtain information about building facades, road conditions, signage, and public lighting assets, among others, in a neighborhood of the municipality of Monte Carmelo, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. From orthophotos, the lots and buildings were vectorized, and then, with the integration of position and orientation data from the mobile mapping system, the facade photos were georeferenced to the respective lots. This procedure allowed the municipality to update the cartographic base and also for the inspection of the property tax.

Koeva, Bennett, and Persello (2022) list studies that integrate updated methods of land administration in cadastre and land registration, aiming for management aligned with the United Nations (UN) objectives of ensuring land tenure. They highlight advances in remote sensing and geoinformation, especially with UAVs, satellites, and LiDAR, to provide high-resolution data. Techniques of Artificial Intelligence, spatial statistics, and machine learning are examples of methods for change detection and automatic feature extraction, applied in projects in the field of land administration.

Works such as Tan *et al.* (2022), Tian *et al.* (2023), Naimae, Saadatseresht and Omidalizarandi (2023) and Chu *et al.* (2023) demonstrate the current focus of UAV survey technologies on 3D Cadastre and point cloud classification, denoting an advancement of the application of the aircraft from the two-dimensional to the three-dimensional level.

Applications in the territorial cadastre are still being developed based not only on traditional orthoimages but also on oblique photos. The case of Oniga *et al.* (2023) evaluates the

performance of a low-cost UAV system (DJI Phantom 4 Pro v2) equipped with a PPK GNSS module for cadastral purposes, where two types of flight were used, oblique and nadir, over a residential area with about 100 ground control points to calculate accuracy and Root Mean Square Error (RMSE). Comparisons were made between the process assisted by GNSS with PPK processing and the indirect georeferencing process. The comparison was based on a point cloud from a mobile laser scanner (MLS) and the UAV point clouds with manually digitized features. According to the authors, both surveys proved effective, but the aerial survey was more effective for reaching points with sighting restrictions.

Chiciudean *et al.* (2024) propose an automated method for detecting changes in maps at the building level by integrating cadastral maps with low-altitude aerial images to identify discrepancies between reference maps and captured images using images obtained by UAVs and OpenStreetMap cadastral maps. Using automatic analytical techniques, the results achieved high localization accuracy, both in terms of position and camera orientation.

Finally, Taiwo *et al* (2024) use UAVs for a study that examines the factors influencing the adoption of UAVs for land administration in Nigeria, mapping seven rural, peri-urban, and urban sites with orthomosaics. The research demonstrated effectiveness in surveying and that physical demarcations facilitated cadastral mapping. The main implications include promoting awareness of settlement typology and addressing the regulatory challenges of UAVs.

4. DISCUSSION

The territorial cadastre aims to provide information capable of contributing to land management. Its applications range from understanding the inhabited space to municipal cartography, taxation, and spatial planning (Silva, Erba and Silva, 2023). Therefore, having data integrated with different themes, such as urban properties, green areas, tax data, and public spaces, among others, contributes to the knowledge of the municipality and, especially, where there is a need for intervention by public managers. In this context, UAVs become important data collection tools for the analysis, planning, and management of urban space.

The works found in this search reflect the popularization of UAVs, which was driven by the availability of affordable equipment for the technology market. According to Colomina and Molina (2014), their application expanded beyond the military field. For example, DJI (Da-Jiang Innovations Science and Technology), a Chinese company founded in 2006, revolutionized access to quadcopter flight equipment and has consolidated itself as the global sales leader for commercial and recreational UAVs to this day. The graphical analysis of the number of publications indicates growth in works using the term UAV from 2013 and 2014 onwards, which may be associated with the creation of the first "Ready to Fly" UAV, the DJI Phantom 1, a remotely piloted aircraft that, from a radio control and a camera, was capable of flying up to 300m away and had a flight autonomy of up to 10 minutes.

Prior to the creation of domestic UAVs, flights for aerial surveys were done using manned aircraft embarked with technicians and large image capture sensors, which meant high

operational costs and long-term planning. Currently, professional UAVs have an autonomy of more than 1 hour of flight, are ready within minutes to start a survey that can be done from a control base more than 10 km away, with good coverage and with autonomous or remote control options, depending on the work execution needs.

In the search, the Scopus database records the first publication in 2004, and they generally increase from 2014. However, analysis of the specific publications shows that the use of UAVs in urban cadastre grows from 2016. Applications of UAVs were observed in the sense of innovation in the territorial cadastre or land registration, and in this period from 2016 to 2024, the advancement of equipment in the cadastre is evident, with the use of PPK GNSS, and the inclusion of new techniques, such as 3D Cadastre and Artificial Intelligence.

Furthermore, most specific works are case studies and partial results of projects in less developed countries, where there is a need for cartographic material for cadastre and management, especially for urban areas. Therefore, UAVs become low-cost solutions with the potential to be applied in different contexts.

5. CONCLUSION

The analysis of the 140 documents from the Scopus database confirms that the theme of UAVs in urban cadastre is still growing. The publication period of the works reflects a timeframe coinciding with the popularization of low-cost UAVs, which increased access to the technology. The most recent publications still express the continuous advancement and inclusion of new technologies. The analysis of keywords and articles reveals a trend towards point cloud cadastre and the automation of processes through Artificial Intelligence and Machine Learning. This places UAVs as a central tool in workflows and land management.

Initially, the works were focused on technical validation and accuracy comparison with traditional methods, such as total stations, aiming to approve the feasibility of UAVs as a cadastral tool. Research advanced to practical applications, addressing themes such as land rights registration, response to natural disasters, tax inspection (property tax), and urban planning in different contexts, including developing countries.

Despite the advancement, the analysis also points to a geographical concentration of scientific production, with China and European countries leading the publications. In this sense, encouraging experiments and research in different contexts is important for enriching the discussion of the potential and limitations of using UAVs for cadastre. This research used a single database, Scopus, and future analyses could encompass other databases, where it may be possible to find new case studies.

It is concluded, therefore, that UAVs have established themselves as tools for the modernization of territorial cadastres. Future directions point towards a more dynamic, three-dimensional, and automated cadastre, in which UAVs, integrated with other geospatial technologies, will play an important role in promoting efficient urban management.

REFERENCES

- Antunes, A. F. B. & Hollatz, R. C. V. (2015). Cadastro Técnico Multifinalitário de baixo custo utilizando VANT (veículo aéreo não tripulado). *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 17, p. 5858-5864, São José dos Campos: INPE.
- Ball, R. (2017) *An Introduction to Bibliometrics: New Development and Trends*. Cambridge: Chandos Publishing.
- Barbosa, R. L., Hiraga, A. K., Gallis, R. B. D. A., Ramos, I. G., & Bernardes, A. C. F. (2020). Mapeamento com Integração de Imagens Aéreas Obtidas com ARP e Imagens Terrestres Capturadas com Câmara Esférica. *Anuário Do Instituto de Geociências - UFRJ*, 43(3). Rio de Janeiro: UFRJ. https://doi.org/10.11137/2020_3_63_71
- Brasil (2022). Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Diário Oficial da União, 11 nov. 2022. Seção 1, p. 20, Brasília, Imprensa Nacional.
- Chandrarathne, G. W. (2016). Comparative study on Cadastral Surveying using Total Station and High Resolution UAV Image (HRUAVI). Diyatalawa: Institute of Surveying and Mapping.
- Chiciudean, V., Florea, H., Oniga, F., & Nedevschi, S. (2024). Localization and Change Detection Through Aerial Environment Perception. *2024 IEEE 20th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*, 1–9, Cluj-Napoca: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCP63557.2024.10792993>
- Colomina, I.; Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 92, p. 79-97.
- Ferreira, D. R., & Valdati, J. (2023). Geoparks and Sustainable Development: Systematic Review. *Geoheritage*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00775-9>
- Freire, P. S.; Silva, S. M. & Espíndola, A. (2022). Desempenho competente: análise de desempenho e mapeamento científico sobre o tema. *25 Anais do Seminários em Administração (SemeAd)*, São Paulo: USP, 2022.
- Gutiérrez Viñuales, M., Puch Sleive, E., & Chalabe, S. (2019). Experiences in cadastral restitution at a town affected by a natural disaster: the case of Volcán, Jujuy Province, Argentina. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W13, 343–347. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-343-2019>
- Koeva, M., Bennett, R., Gerke, M., Crommelinck, S., Stöcker, C., Crompvoets, J., Ho, S., Schwering, A., Chipofya, M., Schultz, C., Zein, T., Biraro, M., Alemie, B., Wayumba, R., & Kundert, K. (2017). Towards innovative geospatial tools for fit-for-purpose land rights

mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W7, 37–43.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-37-2017>

Koeva, M., Bennett, R., & Persello, C. (2022). Remote Sensing for Land Administration 2.0. *Remote Sensing*, 14(17), 4359. <https://doi.org/10.3390/rs14174359>

Naimaee, R., Saadatseresht, M., & Omidalizarandi, M. (2023). Automatic extraction of control points from 3D LiDAR mobile mapping and UAV imagery for aerial triangulation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-4/W1-2022, 581–588. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W1-2022-581-2023>

Neckel, N. R., Vivan, G. M., Soares, A. C. V., Longhini, R. H. O., & Valques, I. J. B. (2021). Drone e vants como ferramenta para levantamento de áreas de difícil acesso / Drone and vants as a tool for surveying hard-to-reach areas. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 115809–115824. Curitiba. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-374>

Oniga, V. E., Morelli, L., Macovei, M., Chirila, C., Breaban, A. I., Remondino, F., & Sestras, P. (2023). PPK processing to boost UAS accuracy in cadastral mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-1/W1-2023, 345–352. Padua.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-345-2023>

Rakgogo, G.; Mphahlele, M. T.; Dube, T. B. A Review of the Potential of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Cadastral Mapping in South Africa. *Land*, Basel, v. 12, n. 4, e892, 2023.

Silva, E.; Erba, D. A.; Silva, L. R. da. (2022). Cadastro Territorial Multifinalitário: Questões Conceituais. In: SILVA, E. da (org.). *Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à gestão municipal.*, cap. 2, p. 31-48. Florianópolis: UFSC.

Soto Márquez, E.; Velásquez Soto, A. (2017). Cadastral stereo plotting production from unmanned aerial vehicles imagery. *1st International Symposium on Geoscience and Remote Sensing*, Valdivia.

Tan, Y., Shi, Y., Li, Y., & Xu, B. (2022). Automatic Registration Method of Multi-Source Point Clouds Based on Building Facades Matching in Urban Scenes. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 88(12), 767–782.
<https://doi.org/10.14358/PERS.22-00069R3>

Tian, Y., Cui, H., Feng, Y., & Zhao, Z. (2023). A geometric registration method for the 3D building models generated from oblique photogrammetry and building information modeling. In M. Bilal & F. Tosti (Eds.), *Second International Conference on Geographic Information and Remote Sensing Technology (GIRST 2023)* (p. 85). SPIE.
<https://doi.org/10.1117/12.3007522>

BIOGRAPHICAL NOTES

Hatan Pinheiro Silva is a Master's student in the Graduate Program in Transportation Engineering and Land Management at the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). He holds a BA in Geography (2019) from UFSC and a Specialization in Information Technology Management (2024) from the Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). He is a member of the Territory Observation and Transformation Group (GOTT - UFSC) and the Protected Areas Observatory (Observa - UFSC). He has experience in Cartography, Remote Sensing, Geoprocessing, and Unmanned Aerial Vehicles, with an emphasis on Multipurpose Cadastre and Territorial Management.

Everton da Silva holds a degree in Surveying Engineering from the União das Faculdades de Criciúma (1992), a Master's in Civil Engineering (1996) and a PhD in Production Engineering (2006) from the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) where he is a Professor in the Department of Geosciences and the Graduate Program in Transportation Engineering and Territorial Management within in the multipurpose cadastre research line. He has coordinated cadastral survey works and mass appraisal of properties for fiscal purposes in several Brazilian municipalities. He is an Associate Professor at the Lincoln Institute of Land Policy, where he collaborates on distance and in-person courses. He is a member of the Multipurpose Cadastre Academic Network - RACAM and a member of the CTM Community (ReDus). He is the leader of the Territory Observation and Transformation Group - GOTT.

Yasmim Rizzolli Fontana dos Santos is a PhD student in Geography at the Universidade Federal de Santa Catarina. She holds a Master's in Geography (2020) from the same institution, focusing on the use and conservation of natural resources. She earned both a BA in Geography with Teaching Licensure (2017) and a BSc in Geography (2018) from the Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), which included a study abroad term at Brigham Young University (USA) as a CAPES-FIPSE scholarship recipient. She also holds a Technical degree in Surveying (2022) from the Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). Her areas of expertise include geoheritage, geomorphological cartography, geoprocessing, image processing, and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs).

Francisco Eduardo de Mello Franco Sá holds a degree in Architecture and Urban Planning from Universidade Santa Úrsula (2018) and a degree in Industrial Design from Universidade Positivo (2015), including one year of study abroad at the University of Illinois at Urbana-Champaign in the United States (2012-2013). He also holds a Master's degree in Transportation Engineering and Land Management at the Universidade de Federal Santa Catarina and is a research fellow of the Territory Observation and Transformation Group (GOTT). He has worked with architecture and urban planning projects in both private firms and public companies. His investigations include GIS, multipurpose cadastre, urban policies, artificial intelligence, BIM, and parametric design.

Liane Ramos da Silva is an Associate Professor in the Department of Civil Engineering at the Federal University of Santa Catarina (since 2015). She holds a PhD in Civil Engineering (2005) and a Master's in Production Engineering (1999) from UFSC, focusing on

multipurpose technical cadastre and land management. She earned her degree in Civil Engineering from the University of Amazônia (1996). She has coordinated numerous cadastral survey and mass property valuation projects for fiscal purposes in Brazilian municipalities. Her expertise lies in geomatics, encompassing cartography, multipurpose cadastre, property taxation, topographic surveys, and geoprocessing. She serves as Vice-Leader of the Territory Observation and Transformation Group (GOTT), and is a member of the Multipurpose Cadastre Academic Network (RACAM) and the CTM Community (ReDus).

CONTACTS

Hatan Pinheiro Silva

Universidade Federal de Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva, 205
Florianópolis
BRAZIL

E-mail: hatanpinheiro@gmail.com

Website: <http://gott.ufsc.br/>

Everton da Silva.

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências - CFH
Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
88040970, Florianópolis
BRAZIL

Phone: 55 (48) 37218596

E-mail: everton.silva@ufsc.br

Homepage: <http://gott.ufsc.br/>

Yasmim Rizzolli Fontana dos Santos

Universidade Federal de Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva, 205
Florianópolis
BRAZIL

E-mail: yasmimfontana.geo@gmail.com

Website: <http://gott.ufsc.br/>

Francisco Eduardo de Mello Franco Sá

Universidade Federal de Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva, 205
Florianópolis
BRAZIL

E-mail: franciscoeduardo.mfsa@gmail.com

Website: <http://gott.ufsc.br/>

Liane Ramos da Silva.

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil - CTC

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
88040970, Florianópolis
BRAZIL
Phone: 55 (48) 37212397
E-mail: liane.ramos@ufsc.br
Homepage: <http://www.labfsg.ufsc.br/>

Land Regularization in São Sebastião (SP): Advanced Technologies for Cadastre Update and Land Management

Francisca LIMA and Ademir JUNIOR, Brazil

Keywords: Urban Land Regularization (REURB); Geotechnologies; High-Precision Planialtimetric Cadastral Survey (LEPAC); Territorial Management; São Sebastião.

SUMMARY

The Municipality of São Sebastião (SP), with approximately 402 km² and 84,000 inhabitants, faces significant challenges of disorderly urban expansion, with irregular occupations in areas of complex topography and risk. To support the Urban Land Regularization (REURB) process, a cadastral update of several settlements was conducted through a High-Precision Planialtimetric Cadastral Survey (LEPAC), in compliance with Decree No. 9,310/2018 and NBR 13.133:2021. The methodology synergistically combined technologies such as GNSS-RTK, SLAM, and aerial imagery with 6 cm resolution (GSD), enabling three-dimensional mapping and the precise vectorization of features in densely built-up areas. The data were integrated into the Geopixel Cidades platform, generating a geospatial database for territorial analysis and decision support. Although the approach proved effective, the study acknowledges limitations such as operational field challenges and the need for continuous investment for the cadastre's sustainability. As a result, the municipality advanced in land titling, promoting legal certainty and access to services. The approach establishes itself as a replicable model, demonstrating the potential of geospatial technologies to modernize territorial management and enhance the effectiveness of land regularization policies in Brazil.

Palavras-chave: Regularização Fundiária Urbana (REURB); Geotecnologias; Levantamento Planialtimétrico Cadastral (LEPAC); Gestão Territorial; São Sebastião.

RESUMO

O Município de São Sebastião (SP), com cerca de 402 km² e 84 mil habitantes, enfrenta desafios significativos de expansão urbana desordenada, com ocupações irregulares em áreas de topografia complexa e risco. Para apoiar o processo de Regularização Fundiária Urbana (REURB), foi realizada a atualização cadastral de diversos núcleos por meio do Levantamento Planialtimétrico Cadastral com Precisão (LEPAC), em conformidade com o Decreto nº 9.310/2018 e a NBR 13.133/2021. A metodologia combinou sinergicamente tecnologias como GNSS-RTK, SLAM e imagens aéreas com 6 cm de resolução (GSD), permitindo o mapeamento tridimensional e a vetorização precisa de feições em áreas densamente construídas. Os dados foram integrados à plataforma Geopixel Cidades, gerando um banco de dados geoespacial para análises territoriais e suporte à decisão. Embora a abordagem tenha se mostrado eficaz, o estudo reconhece limitações como desafios operacionais em campo e a necessidade de investimento contínuo para a sustentabilidade do

cadastro. Como resultado, o município avançou na titulação de áreas, promovendo segurança jurídica e acesso a serviços. A abordagem se consolida como um modelo replicável, demonstrando o potencial das tecnologias geoespaciais para modernizar a gestão territorial e aumentar a efetividade das políticas de regularização fundiária no Brasil.

Land Regularization in São Sebastião (SP): Advanced Technologies for Cadastre Update and Land Management

Francisca LIMA e Ademir JUNIOR, Brazil

12. INTRODUCTION

São Sebastião, a municipality located on the northern coast of São Paulo, with a territorial area of approximately 402 km² and an estimated population of 84,019 inhabitants (IBGE, 2024), has faced significant challenges in its urban land regularization process. This difficulty is largely due to disorderly expansion and the irregular occupation of urban and peri-urban areas. To mitigate these problems and promote social inclusion through Urban Land Regularization (REURB), the municipality initiated a cadastral updating process in several urban settlements, conducted through a High-Precision Planialtimetric Cadastral Survey (LEPAC).

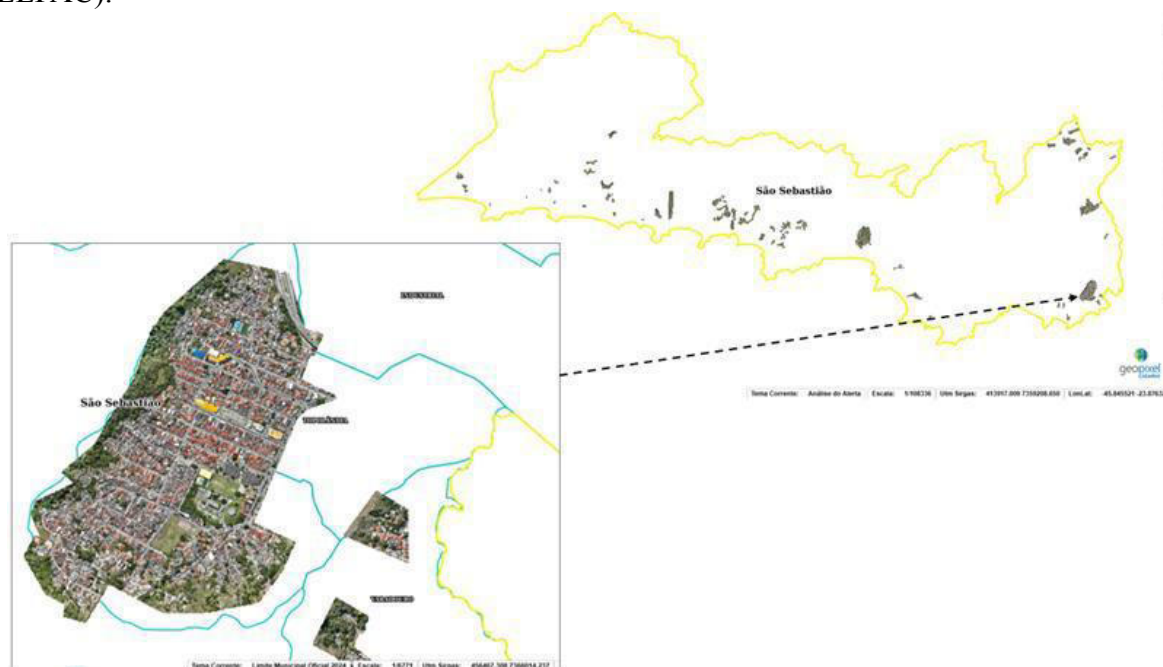


Figure 1. Informal Urban Settlements in the Municipality of São Sebastião, with emphasis on the Topolândia Settlement

The technical process followed the guidelines of Federal Decree No. 9,310/2018, which regulates Law No. 13,465/2017, and the Brazilian Standard NBR 13.133:2021, which defines the requirements for topographic surveys (BRASIL, 2018; ABNT, 2021). Field data collection was performed using advanced technologies such as GNSS (Global Navigation Satellite System) and SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), integrated into the Geopixel Cidades platform. Additionally, orthophotos generated from aerial images with a 6 cm spatial resolution (GSD) were used, providing superior detail in identifying urban features—such as

roofs, walls, and stairways—in densely built-up areas, meeting the 1:1000 representation scale (GEOPIXEL, 2024).

13. RELATED WORK

The application of geospatial technologies in land regularization is a consolidated field, but the integration of tools like SLAM represents a recent evolution. Studies in Brazil, such as those by Souza and Zipf (2022) and Freitas and Cunha (2021), have already demonstrated the potential of using RPAS (drones) for mapping informal areas, highlighting gains in speed and cost-efficiency. Internationally, works in Colombia (Reyes et al., 2021) and South Africa (Chitonge and Mfuné, 2021) have explored the use of GNSS and high-resolution imagery to ensure security of tenure in contexts of rapid urbanization.

The key differentiator of the present study lies in the synergistic combination of GNSS-RTK, SLAM, and very-high-resolution imagery (6 cm GSD), demonstrating an integrated workflow that specifically addresses the challenges of densely built-up areas with complex topography, such as those found in São Sebastião.

14. CHALLENGES AND CONTEXTS OF LAND REGULARIZATION IN SÃO SEBASTIÃO

The municipality exhibits accelerated urban growth, with over 100 Informal Urban Settlements, especially in hard-to-reach areas such as riverbanks, hills, and slopes, which are often located in risk-prone areas. The absence of accurate records and the informal nature of these occupations hinder urban planning and the implementation of public policies. In this context, land regularization is fundamental to ensure legal certainty, access to basic infrastructure (water, sewage, electricity), complementary infrastructure to eliminate risks or develop resettlement plans when necessary, and the inclusion of regularized properties into the municipal tax system (BRASIL, 2017).

15. TECHNOLOGIES USED FOR LAND REGULARIZATION: GNSS, SLAM, AND AERIAL IMAGERY

The cadastral update was carried out according to LEPAC parameters, using GNSS in RTK (Real-Time Kinematic) mode to ensure the positional accuracy required for georeferencing properties. The field technical team collected the georeferenced vertices that constitute the validated technical product of the LEPAC.

The use of SLAM enabled the three-dimensional mapping of urban and natural features, proving particularly effective in hard-to-reach areas with dense vegetation or steep slopes and in obtaining measurements of existing infrastructure. This was complemented by 6 cm GSD aerial imagery, which allowed for the representation of features with high geometric and visual fidelity, contributing to the vectorization of elements with precision compatible with the 1:1000 scale, especially in consolidated and high-density constructive areas (GEOPIXEL, 2024).

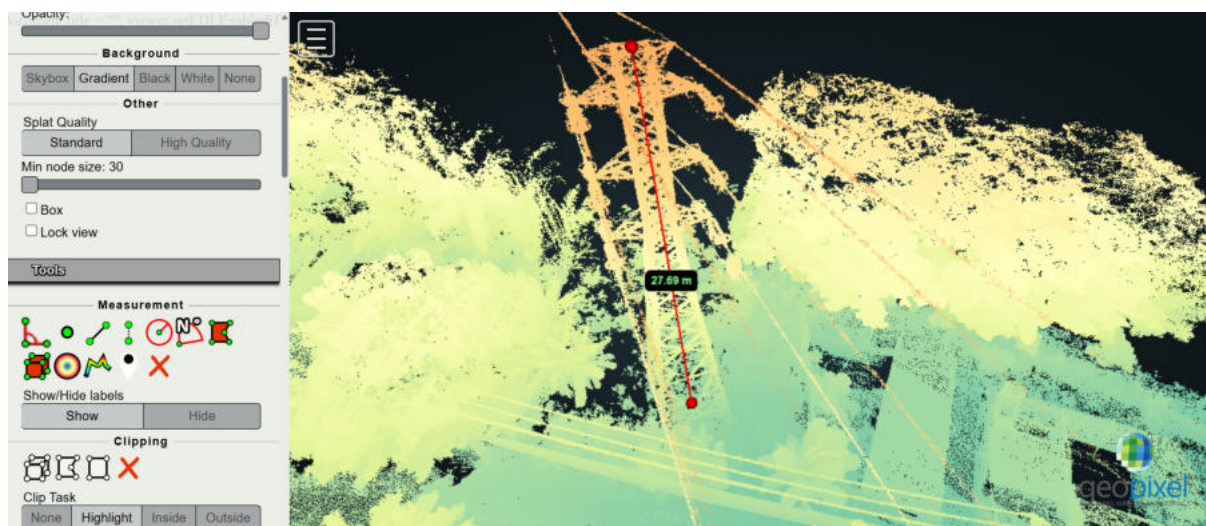


Figure 2. Collection of existing urban infrastructure measurements using the point cloud (SLAM)

16. VECTORIZATION AND DATA PROCESSING

With the processed field data and aerial images, the vectorization of features such as lots, buildings, public roads, and areas of interest was performed. The data were integrated into the Geopixel Cidades platform, enabling precise spatial visualization, verification of overlaps with risk areas, and analysis of existing urban infrastructure.

The vectorized features were enriched with attributes essential for REURB, such as lot area, land use, occupation status, and cadastral registration number. The platform allowed for real-time consultation and validation by technicians and public managers, as well as the generation of a robust geospatial database to support decision-making and the proposal of urban infrastructure improvements inherent to the land regularization process.

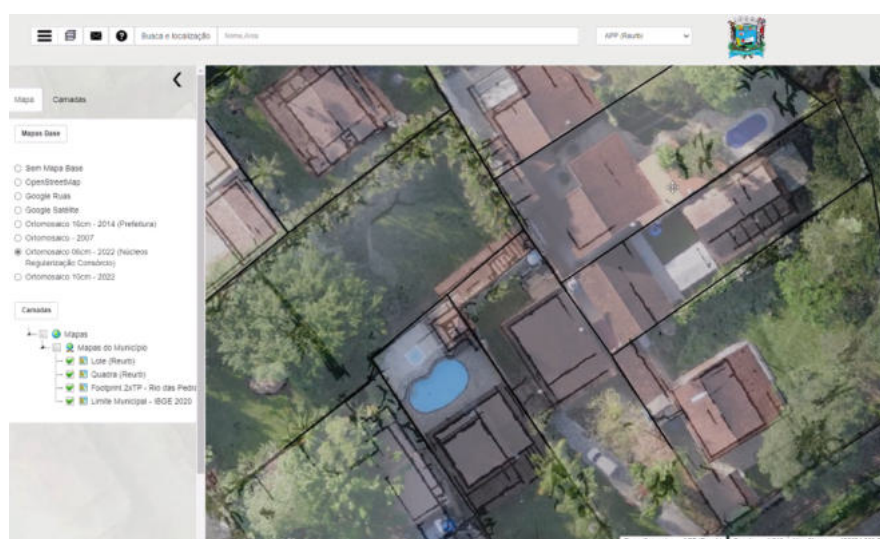


Figure 3. Example of lot and footprint data in Rio das Pedras
17. RESULTS AND IMPACTS ON LAND REGULARIZATION

The adopted methodology provided a detailed territorial overview, allowing for the identification of critical areas that require resettlement plans and areas eligible for regularization to be integrated into the municipality's formal cadastre. This process enabled the advancement of land regularization efforts, culminating in the titling procedure, which grants legal certainty to occupants and facilitates access to public services and housing policies.

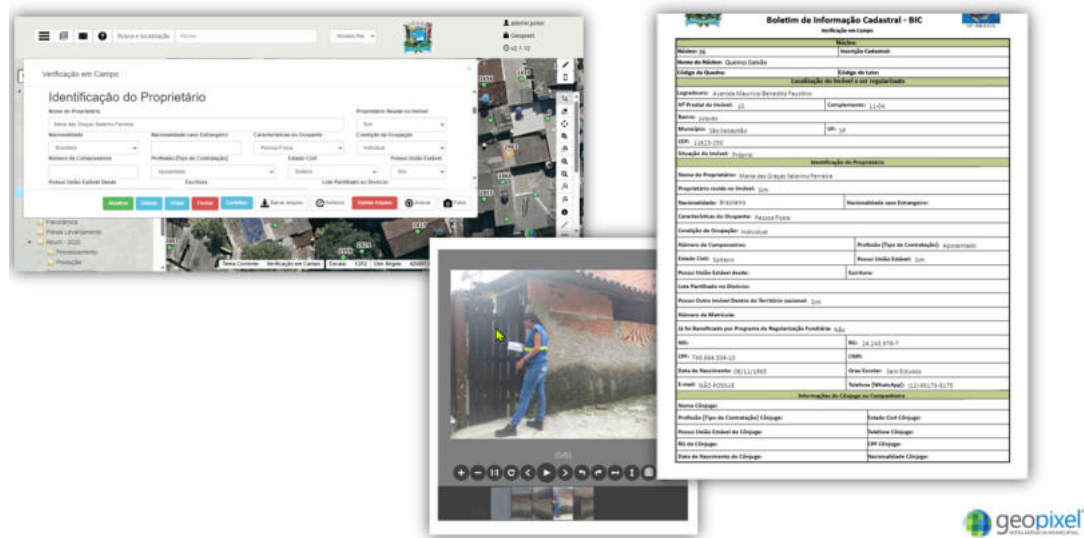


Figure 4. Social Cadastre

The integration of GNSS, SLAM, high-resolution aerial imagery, and the Geopixel Cidades platform yielded significant gains in accuracy, time savings, and operational cost reduction. The process also promoted greater transparency and facilitated community participation, as advocated in the REURB guidelines (BRASIL, 2017).



Figure 5. Example of a Community Meeting

18. INTEGRATION WITH THE MUNICIPAL SYSTEM AND URBAN PLANNING

The integration of data into the municipal territorial management system enhanced urban planning, enabling the identification of priority areas for intervention, regularization, and risk mitigation. The georeferenced database supported sustainable public policies, such as a preventive Civil Defense plan and contingency plans for risk areas, sanitation, mobility, and housing, in addition to contributing to an increase in tax revenue through the formalization of properties (BRASIL, 2021).

19. DISCUSSION AND LIMITATIONS

Although the integrated methodology proved to be highly effective, it is important to acknowledge the limitations inherent in a project of this scale. Operational challenges, such as accessing extremely dense areas or the need for continuous community engagement to ensure data collection, persisted despite the use of technologies like SLAM. Additionally, the model presupposes the long-term sustainability of the cadastral system, which will require continuous investment in updates and maintenance from the public administration. A comparative cost-benefit analysis against other advanced technology combinations, not just traditional methods, also presents itself as an area for future work to validate the model's scalability for different municipal budget realities.

20. CONCLUSION

The land regularization process in São Sebastião, structured around modern technologies such as GNSS, SLAM, 6 cm resolution aerial imagery, and the Geopixel Cidades platform, represents a milestone in the modernization of municipal territorial management. The adoption of LEPAC, in compliance with NBR 13.133/2021 and Decree No. 9,310/2018, ensured the technical quality required for the success of REURB.

This innovative approach not only enabled the titling of properties in informal areas but also establishes itself as a model for detailed territorial management, allowing for the identification of risk areas that demand specific actions, serving as a replicable model for other municipalities. The results reinforce the role of geospatial technologies as fundamental instruments for the effectiveness of public land regularization policies in Brazil

REFERENCES

ABNT. NBR 13.133:2021 – Execution of Topographic Survey. Brazilian Association of Technical Standards, Rio de Janeiro, 2021.

BRASIL. Law No. 13,465, July 11, 2017. Addresses rural and urban land regularization. Official Gazette of the Union, Brasília, 2017.

BRASIL. Decree No. 9,310, March 15, 2018. Regulates provisions of Law No. 13,465/2017. Official Gazette of the Union, Brasília, 2018.

BRASIL. Urban Land Regularization Manual (REURB). Ministry of Regional Development. Brasília: MDR, 2021.

CHITONGE, H.; MFUNE, O. The use of geospatial technologies in securing land tenure in the informal settlements of Cape Town, South Africa. *Habitat International*, v. 117, 102436, 2021.

FREITAS, F. V.; CUNHA, A. L. Análise de imagens obtidas por drone para o mapeamento de áreas de risco a escorregamentos no município de Ouro Preto-MG. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, p. 101-118, 2021.

GEOPIXEL. Technical Specifications for Aerial Imagery and Cartographic Processing. Internal documentation. Geopixel, 2024.

IBGE. Cities and States – São Sebastião (SP). Available at: <https://www.ibge.gov.br/>. Accessed on: May 29, 2025.

REYES, A.; ZAPATA, Y.; SUÁREZ, J. C. Participatory mapping and geographic information systems in the context of land formalization in post-conflict Colombia. *Geoforum*, v. 125, p. 53-64, 2021.

SOUZA, C. H. W.; ZIPF, A. Assessing the potential of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the cadastral update of informal settlements in Brazil. *Land Use Policy*, v. 112, 105844, 2022

BIOGRAPHICAL NOTES

Francisca Lima is a Geoprocessing Specialist, she works on technical procedures, information standardization, and supporting the implementation of solutions aimed at modernizing land administration and structuring geospatial databases. She holds a bachelor's degree in Environmental Sciences from the University of Brasília (UnB), MBA in Project Management from the University of São Paulo (USP), and is currently pursuing a specialization in Smart and Sustainable Cities at Uninove.

Ademir Junior is a Geoprocessing Specialist, he is involved in the land regularization of informal urban settlements. He holds a Bachelor's degree in Architecture and Urbanism and a postgraduate degree in Urban Mobility.

CONTACTS

Francisca Lima

Geopixel

Parque Tecnológico de São José dos Campos,

Estrada Dr. Altino Bondensan, 500, sl 1304, Centro Empresarial II
São José dos Campos
BRAZIL
Phone: + 55 61 98253-8592
E-mail: francisca.lima@geopixel.com.br
Website: <https://www.geopixel.com.br/>

Ações de ofício como estratégia de manutenção do Cadastro Territorial Multifinalitário de Fortaleza - CE

Elizete de Oliveira SANTOS e Ana Carla Queiroz PAIVA, Brasil

Keywords: Multipurpose Cadastre. *ex officio* actions. LADM. Tax justice.

SUMMARY

The Multipurpose Land Cadastre (CTM) is a strategic instrument for urban governance, as it integrates territorial information that supports taxation, planning, and municipal management. In a context of rapid urban transformations, its continuous updating represents a constant challenge for local governments. In Fortaleza, the evolution of the cadastre highlights a history of innovations, marked by the institutionalization of the CTM through the municipal georeferencing project initiated in 2009. This trajectory reflects an ongoing effort of technological modernization and alignment both with international guidelines, such as the Land Administration Domain Model (LADM), and with national regulations, such as Ordinances No. 511/2009 and No. 3,242/2022, which establish directives for CTM in Brazilian municipalities. This article aims to analyze *ex officio* actions as a strategy for updating and maintaining Fortaleza's CTM, emphasizing their impact on the increase of the Urban Property Tax (IPTU) assessment and on the quality of the cadastral database. The *ex officio* actions represent a proactive front of municipal administration, focused on correcting and updating data based on technical evidence, geospatial analyses, and field inspections, assuming a strategic role in governance models, especially in large cities. The research analyzed data from 2020 to 2024, a period in which *ex officio* actions were institutionalized as an administrative routine. The results indicate a significant expansion of the cadastral database, an increase in IPTU assessments, and a greater correspondence between territorial reality and the Property Cadastre. By incorporating automated and technological practices into the cadastral updating cycle, Fortaleza advances in the practical application of the LADM and builds a more dynamic and reliable cadastral model. It is concluded that *ex officio* actions represent a viable, effective, and scalable strategy for the continuous maintenance of the CTM. Fortaleza's experience can be replicated in other municipalities, respecting institutional specificities, and further studies on automation of procedures and territorial intelligence prove to be a promising path to consolidate a sustainable CTM model aligned with the demands of contemporary public administration.

Ações de ofício como estratégia de manutenção do Cadastro Territorial Multifinalitário de Fortaleza - CE

Elizete de Oliveira SANTOS e Ana Carla Queiroz PAIVA, Brasil

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) constitui instrumento fundamental para a gestão municipal, pois viabiliza o planejamento urbano, assegura a justiça fiscal, favorece a distribuição equitativa de serviços e integra diferentes políticas públicas (Silva, 2023). Em um contexto de aceleradas transformações urbanas, a manutenção permanente e atualizada desse cadastro representa um desafio constante para os governos locais (Souza, Amorim & Hasegawa, 2012; Amorim, Malaman & Sass, 2013).

A qualidade das informações cadastrais depende da atualização contínua dos dados referentes aos imóveis urbanos. Tal atualização pode ocorrer por diferentes estratégias: recadastramentos sistemáticos com uso de aerolevantamentos, solicitações espontâneas dos contribuintes por meio de processos administrativos voluntários ou ações de ofício promovidas diretamente pelo poder público.

Nesse contexto, o *Land Administration Domain Model* (LADM), norma ISO 19152:2012, tem orientado a modernização dos sistemas municipais de informação territorial, trazendo soluções inovadoras para a gestão cadastral. O modelo propõe uma estrutura comum e padronizada, aplicável a países, municípios e instituições envolvidas com sistemas de informação cadastral, registros imobiliários, planejamento urbano, meio ambiente e arrecadação tributária, como evidenciam os trabalhos de Santos (2012), Marra (2017), Purificação (2020), Marotta et al. (2022) e Silva (2022).

O LADM tem servido de base para o desenvolvimento de sistemas de administração territorial em diversos países, entre eles Colômbia, Croácia, República Tcheca, Malásia, Montenegro, Polônia, Escócia, Sérvia, Grécia, Arábia Saudita, Austrália, Indonésia, Hungria, Holanda, Federação Russa e República da Coreia (Santos et al., 2025). No Brasil, entretanto, sua adoção ainda se limita a experiências pontuais, como os Sistemas de Informação Territorial (SIT) baseados no Modelo OMT-G, utilizados por alguns municípios, entre os quais Fortaleza.

Localizada na região Nordeste, Fortaleza destaca-se como a quarta maior cidade do Brasil em população, com 2.428.678 habitantes segundo o Censo 2022, além de deter o maior PIB da região. O município possui área de 314,93 km² e está dividido administrativamente em 12 Secretarias Executivas Regionais, que englobam 121 bairros. Sua malha territorial abrange mais de 480.000 lotes e aproximadamente 865.000 unidades imobiliárias no Cadastro Imobiliário.

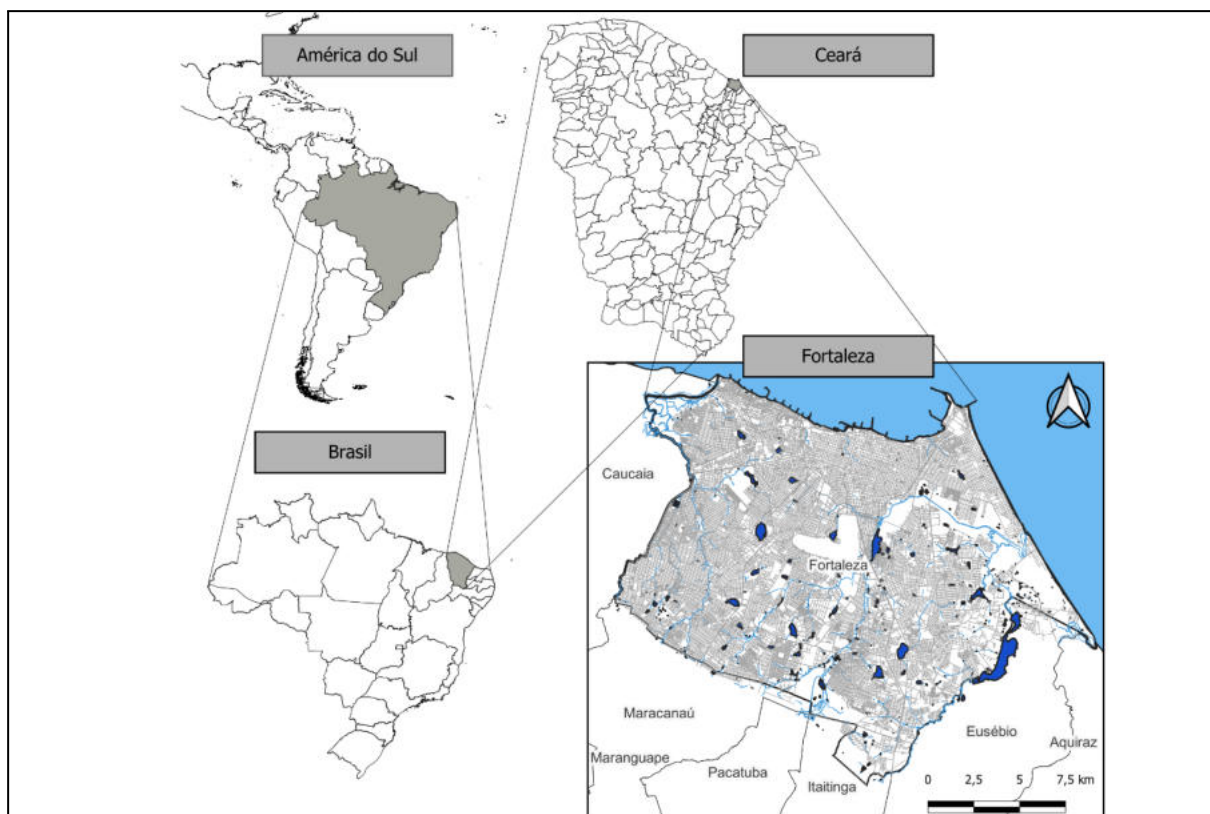


Figura 1. Localização de Fortaleza. Elaborado pelas autoras.

Este artigo tem por objetivo analisar as ações de ofício como estratégia de manutenção do CTM em Fortaleza. Além da introdução e da conclusão, o texto organiza-se em três seções: a primeira apresenta um resgate histórico do CTM no município; a segunda conceitua e analisa as ações de ofício no âmbito das boas práticas de gestão cadastral; e a terceira discute desafios e oportunidades de aprimoramento da metodologia adotada.

2. HISTÓRICO DO CADASTRO TERRITORIAL MULTIFINALITÁRIO EM FORTALEZA-CE

A implantação do cadastro imobiliário fiscal ocorreu em meados da década de 1970, no contexto do Projeto CIATA (Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico). Inicialmente, os serviços cadastrais eram executados por uma empresa terceirizada e geridos pelo Sistema Municipal de Arrecadação Tributária (SIMAT), que operava apenas com dados alfanuméricos, sem interface gráfica. Com o término do contrato, foi criado um setor interno responsável pela customização da aplicação e pela gestão das informações cadastrais, voltadas exclusivamente à tributação imobiliária (Gimenes et al., 2024).

Em 1995, a Prefeitura de Fortaleza projetou o georreferenciamento do cadastro imobiliário, mas a iniciativa não teve êxito. Essa lacuna persistiu até 2007, quando foi estruturado o Plano

Diretor de Geoprocessamento (PDGEO), cujo objetivo era consolidar os conceitos de geoprocessamento corporativo, qualificar o gerenciamento dos dados espaciais e formalizar o CTM, tomando como base o cadastro fiscal (Nascimento, 2018).

Em 2009, teve início a institucionalização do CTM, a partir do projeto de georreferenciamento municipal, viabilizado pelo Programa Nacional de Apoio à Modernização Administrativa e Fiscal dos Municípios Brasileiros (PNAFM), financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID (Nascimento, 2018; Silva & Oliveira, 2020; Gimenes et al., 2024). O projeto incorporou a visão do Cadastro 2014 e adotou como premissa o LADM, considerando a parcela como unidade central da gestão cadastral.

Em 2013, foi implantado o Sistema de Informações Territoriais de Fortaleza (SITFOR), alinhado às diretrizes da Portaria Ministerial nº 511/2009 e ao LADM. O modelo de dados do SITFOR utiliza a técnica orientada a objetos para modelagem geográfica (OMT-G), definindo a parcela cadastral como unidade de gestão cadastral para concentrar diferentes informações temáticas. No mesmo ano, a Lei Complementar nº 159/2013 consolidou o cadastro multifinalitário como base oficial para a tributação imobiliária, o planejamento urbano e a gestão fundiária no município.

Segundo Silva & Oliveira (2020), o SITFOR foi concebido com base de dados aberta e interoperável, integrando-se aos sistemas da Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) e do Observatório Urbano de Valores (OUV), vinculado ao sistema tributário (GRPFOR). O OUV, anterior ao SITFOR, já atuava na análise do mercado imobiliário, subsidiando revisões da Planta Genérica de Valores e políticas de justiça fiscal.

O SITFOR é estruturado em três módulos: i) *Territorial*, que corresponde às informações espaciais do lote e serviços urbanos vinculados a ele e à testada principal adotada; ii) *Autônoma*, que abrange os dados jurídicos da unidade, cartoriais, sujeição passiva, endereço tanto da unidade quanto da correspondência do proprietário/possuidor; iii) *Avaliação*, que descreve as informações das edificações construídas no lote. Ressalta-se que a numeração de inscrição municipal é atribuída à unidade autônoma. Destarte, a aplicação garante a interoperabilidade com outras aplicações da SEFIN e de outras secretarias, por meio da inscrição imobiliária e da cartografia composta pelo código distrito-quadra-lote.

Em 2019, Fortaleza foi selecionada, ao lado de Belo Horizonte e Campinas, para o projeto-piloto do módulo de Cadastro Urbano (Cadurb), do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER). Em 2022, foi implantado o marco zero do Cadurb: o primeiro CIB urbano do país corresponde ao prédio do Palácio Iracema, sede da Secretaria das Finanças de Fortaleza, inscrito como 6SNVMP2-C. Esse marco representa o resultado do esforço coletivo das equipes envolvidas.

Em 2020, foi implantada a Infraestrutura de Dados Espaciais da Secretaria Municipal de Finanças (IDE-SEFIN), ampliando a transparência e o controle social ao disponibilizar dados geoespaciais padronizados a diversos órgãos da administração pública.

A partir desse mesmo ano, as ações de ofício foram incorporadas à rotina da administração tributária, configurando-se como procedimentos administrativos iniciados pelo poder público, sem solicitação do contribuinte. Essas ações têm como objetivo identificar e registrar alterações físicas, jurídicas ou econômicas nos imóveis urbanos, assegurando que os dados cadastrais reflitam a realidade territorial de Fortaleza.

A Tabela 1 apresenta dados referentes à evolução da base cadastral imobiliária e do valor lançado de IPTU entre 2020 e 2024.

Elizete de Oliveira Santos e Ana Carla Queiroz Paiva, Brasil

Ações de ofício como estratégia de manutenção do cadastro territorial multifinalitário de Fortaleza - CE

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Tabela 1.: Evolução da base cadastral e IPTU lançado - 2020 a 2024. Fonte: Painel de Acompanhamento do IPTU (SEFIN, 2025).

Ano	Quantidade total de imóveis	Quantidade de imóveis tributados	Valor total do IPTU lançado
2020	780.909	601.024	R\$ 719.833.633,29
2021	789.348	610.167	R\$ 751.902.361,90
2022	802.316	618.105	R\$ 829.278.388,00
2023	814.816	629.402	R\$ 868.079.646,67
2024	837.242	636.079	R\$ 937.082.470,54

A análise da Tabela 1 evidencia um acréscimo de 56.333 imóveis na base cadastral, correspondendo a um crescimento de 7,21%, além de um incremento de R\$217.248.837,25 no lançamento do IPTU, equivalente a 30,18%. Considerando que o último recadastramento, realizado por levantamento aerofotogramétrico, ocorreu em 2017 e impactou diretamente o lançamento do IPTU de 2018, ressalta-se o potencial das ações de ofício para ampliar a base cadastral e elevar a tributação lançada.

3. AÇÕES DE OFÍCIOS NO CONTEXTO DAS BOAS PRÁTICAS DE FORTALEZA

Ações de ofício (AOF) no cadastro imobiliário são procedimentos administrativos iniciados pela administração pública, sem solicitação do proprietário, com a finalidade de identificar, corrigir ou atualizar informações cadastrais relativas aos imóveis. Essas iniciativas podem envolver inspeções presenciais, uso de geotecnologias, cruzamento entre dados fiscais e cadastrais, além de notificações ou intimações administrativas. O objetivo é assegurar a correspondência dos cadastros imobiliários e fiscais que reflitam a realidade urbana. De maneira geral, as AOF adotadas pela Secretaria Municipal das Finanças (SEFIN) de Fortaleza, são executadas pela Célula de Cadastros (CECAD), mediante identificação de situações que exigem intervenção do setor público. Essa ações se fundamentam em princípios essenciais, como: atualizar as características físicas de imóveis (área do terreno, dimensões, existência de edificações e benfeitorias); assegurar justiça fiscal e tributária (cobrança correta de impostos e taxas); corrigir informações incompletas ou incorretas (endereços, dados de pessoas físicas e jurídicas); notificar titulares para apresentar documentação ou permitir inspeções; e inserir imóveis ainda não cadastrados ou com registros desatualizados (unificação, desmembramento ou demolição de parcelas territoriais). Esses procedimentos são necessários porque, muitas vezes, os cidadãos deixam de informar à Prefeitura reformas ou alterações que modificam o imóvel, seja quanto a dimensões, uso, tipo de construção ou titularidade. Para a abertura de uma AOF, é preciso cumprir etapas de estudo e preparação, de modo a garantir sua efetividade e evitar problemas durante a execução. A base legal inclui leis municipais, códigos de obras, legislação tributária, normas internas de órgãos de cadastro e regulamentos específicos. Além disso, é indispensável assegurar a capacidade técnica da equipe responsável pelas atividades, desde o planejamento até a execução e acompanhamento posterior.

Todas as etapas são formalizadas em procedimento administrativo próprio, com abertura de processo interno que deve registrar prazos, critérios, possibilidade de recurso, além da integração de dados entre cadastro técnico, cadastro fiscal e, quando necessário, sistemas nacionais como o SINTER.

Nesse contexto, a estrutura normativa e os procedimentos administrativos estabelecidos fornecem o suporte jurídico e organizacional necessário para que as atividades de atualização e fiscalização sejam executadas com eficiência. Com base nesse arcabouço legal e processual, o Núcleo de Inteligência Cadastral e Geotecnologias (NIG), vinculado à Célula de Cadastros, exerce papel central na operacionalização das ações, ao aplicar técnicas de geotecnologias, promover o saneamento contínuo da base cartográfica municipal e assegurar a confiabilidade do cadastro imobiliário.

Entre as atribuições do NIG estão a realização de atualizações cadastrais massivas conforme a legislação, o tratamento da base de endereçamento, o atendimento de demandas internas, a condução de inspeções imobiliárias e o desenvolvimento de estudos voltados à evolução do CIM, incluindo a implementação de novas funcionalidades para o SITFOR e o GRPFOR. As iniciativas de inteligência cadastral, as AOF e as fiscalizações de rotina do CIM, são essenciais para a manutenção e atualização das informações cadastrais.

No âmbito do CTM, essas ações garantem a integridade, a atualidade e a confiabilidade das informações cadastrais. Dessa forma, as atribuições desempenhadas pelo NIG se articulam diretamente com a aplicação da inteligência geográfica nas ações de ofício, uma vez que a manutenção da BCM e o uso de geotecnologias possibilitam integrar diferentes bases e refinar a análise territorial. Essa integração garante que os procedimentos realizados, desde inspeções em campo até a análise remota por imagens aéreas ou de satélite, sejam sustentados por dados consistentes e espacialmente referenciados, o que potencializa a capacidade de identificar divergências entre o cadastro e a realidade observada.

A aplicação de inteligência geográfica no âmbito das AOFs envolve o cruzamento de dados espaciais oriundos de diferentes fontes para identificar discrepâncias entre o que consta nos registros e a realidade física do imóvel, por exemplo, bases cartográficas municipais, cadastro fiscal, imagens de satélite ou aerofotogrametria. Esse cruzamento permite detectar alterações como mudanças de uso do solo, construções não declaradas ou demolições. A vantagem é que reduz a dependência de vistorias de campo, otimizando tempo e recursos.

O reprocessamento dos dados obtidos a partir dos produtos do aerolevantamento é outra etapa fundamental: ao refinar e validar ortofotos, modelos digitais de terreno ou superfície, e produtos derivados da restituição, a administração consegue melhorar sua resolução e corrigir distorções ou erros de posicionamento.

Dentro do conjunto de procedimentos que compõem as ações de ofício, além da identificação de alterações no cadastro por diferentes métodos de levantamento, pode haver a necessidade de envio de notificações ou intimações aos titulares. Essas medidas se justificam porque muitos imóveis têm modificações que não são reportadas voluntariamente. Legalmente, tais obrigações estão previstas em legislações municipais e códigos de obras, além de normas tributárias, que obrigam o titular a atualizar dados cadastrais sob pena de sanções ou correções de ofício. A elaboração dessas notificações exige análise individual para assegurar precisão.

Na elaboração das notificações, é essencial consultar a base de dados da SEFIN para reunir informações atualizadas do imóvel: localização, proprietário, histórico cadastral, uso atual e

eventuais divergências detectadas. Essa verificação prévia permite identificar quais titulares devem ser intimados ou notificados, o endereço correto para envio e o fundamento legal aplicável, compondo um documento que informe o que precisa ser corrigido, o prazo, os efeitos legais do não cumprimento e os meios de recurso.

A partir de 2024, foi implantada uma melhoria no procedimento: as notificações passaram a ser confeccionadas utilizando a funcionalidade ATLAS dentro do QGIS. Essa ferramenta permite automatizar parte do layout das notificações, aplicar modelos pré-definidos (com espaços reservados para os dados do imóvel e do titular), gerar múltiplas notificações de forma mais rápida e visualizar geograficamente os imóveis que receberão notificações em mapas temáticos, facilitando o planejamento de envio.

As etapas das ações de ofício estão inseridas em um fluxo contínuo de atualização cadastral que vem fortalecendo a combinação de procedimentos administrativos estruturados, análise detalhada dos dados da base cadastral e a incorporação de ferramentas geoespaciais. Essas melhorias ampliaram a cobertura cadastral, reduziram erros, otimizaram prazos e reforçaram a confiabilidade das informações. Como resultado, o município passou a contar com uma base de dados mais atualizada e consistente, que oferece suporte à justiça fiscal, à gestão territorial e ao planejamento urbano, consolidando as ações de ofício como instrumento estratégico para a administração pública.

A consolidação desse fluxo contínuo de atualização cadastral abriu caminho para a mensuração objetiva dos resultados alcançados. Assim, as ações de ofício se tornam um eixo estruturante da política cadastral de Fortaleza, cujo impacto pode ser observado nos quantitativos de novos cadastros, atualizações e áreas incorporadas à base municipal.

Entre 2020 e 2024, Fortaleza realizou 73 ações de ofício, alcançando resultados expressivos na atualização da base cadastral. Os resultados quantitativos alcançados, segundo dados do Power BI do NIG, comprovam a relevância das ações implementadas. Entre 2020 e 2024, foram registrados mais de 25 mil novos lotes (territoriais), quase 46 mil novas inscrições imobiliárias (autônomas) e mais de 51 mil edificações (avaliações), além da atualização de registros já existentes, conforme pode ser observado na Tabela 2. Esses números refletem a capacidade das ações de ofício de ampliar significativamente a base cadastral e de manter os dados em constante alinhamento com as transformações do espaço urbano.

Tabela 2.: Quantitativo de novos cadastros e atualizações nas ações de ofício de 2020 a 2024.
Fonte: Elaboração das autoras, a partir de dados do Power BI do NIG.

Ano	Territoriais novos	Autônomas novas	Avaliações novas	Territoriais atualizados	Autônomas atualizadas	Avaliações atualizadas
2020	578	3.578	4.754	5.579	2.733	2.930
2021	5.271	8.714	8.411	6.089	4.667	37.479
2022	7.865	11.368	13.613	9.175	4.442	34.628
2023	7.907	14.592	9.058	8.661	4.695	17.764
2024	3.583	7.631	15.494	4.871	3.723	14.789
Total	25.204	45.883	51.330	34.375	20.260	107.590

Essas atualizações geraram 4.510.748,97 m² de incremento de área territorial e 5.253.968,14

m² de incremento de área edificada, de acordo com a tabela 03. Esses acréscimos revelam não apenas a atualização de registros, mas a inclusão de informações que estavam ausentes ou incorretas, evitando perdas de arrecadação e promovendo maior justiça fiscal.

Tabela 3.: Incremento de área territorial e área edificada nas ações de ofício de 2020 a 2024.
Fonte: Elaboração das autoras, a partir de dados do Power BI do NIG.

Ano	Incremento de área territorial	Incremento de área edificada
2020	360.019,42	587.869,32
2021	967.432,33	980.291,45
2022	-1.069.511,16	1.310.593,04
2023	1.277.473,82	917.247,74
2024	2.975.334,56	1.457.966,59
Total	4.510.748,97	5.253.968,14

Essas ações se alinham diretamente aos princípios do LADM, que orienta a estruturação dos sistemas de informações territoriais de forma integrada, interoperável e voltada à manutenção constante das relações entre pessoas, direitos, restrições, responsabilidades e unidades espaciais. No contexto do LADM, as ações de ofício possibilitam a atualização eficiente de mudanças nas parcelas cadastradas, assegurando maior correspondência entre o território real e os dados dos registros administrativos.

No plano operacional, as iniciativas envolveram desde o saneamento de atributos inconsistentes até a integração de diferentes bases de dados, promovendo maior eficiência no trabalho da equipe técnica. Além disso, a emissão de intimações e notificações fortaleceu a transparência do processo, garantindo que os contribuintes pudessem participar ativamente da regularização de seus imóveis.

Do ponto de vista da gestão pública, os avanços obtidos fortaleceram a governança territorial, proporcionando maior integração entre setores, maior confiabilidade nas informações disponíveis e eficiência na aplicação de recursos. O cadastro atualizado deve servir de base para apoiar políticas urbanas, orientar processos de regularização fundiária e estruturar estratégias de ordenamento territorial, reforçando o seu caráter multifinalitário.

A experiência de Fortaleza evidencia que a utilização sistemática das ações de ofício trouxe impactos positivos tanto para a arrecadação quanto para a gestão do território. Ao combinar tecnologia, inteligência geográfica e procedimentos administrativos proativos, o município alcançou resultados expressivos na atualização da base cadastral. Essa trajetória demonstra que as AOF não apenas corrigem distorções, mas também constroem um cadastro dinâmico, transparente e alinhado às demandas de justiça fiscal e planejamento urbano.

4. DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE APRIMORAMENTO

Apesar dos avanços obtidos pela equipe municipal na estruturação das ações de ofício, ainda persistem desafios e oportunidades de aprimoramento. Neste artigo, destacamos um desafio e duas oportunidades relacionados à gestão e operacionalização dessas ações.

O principal desafio refere-se à necessidade de automatizar os processos de intimação e notificação de atualização cadastral no SITFOR e integrá-los ao e-SEFIN, ambiente digital de comunicação com o contribuinte. Essa integração trará mais agilidade e transparência,

fortalecendo a conformidade tributária.

O Portal e-SEFIN é uma Central Virtual de Atendimento da SEFIN, na qual são disponibilizados serviços relacionados ao cumprimento das obrigações tributárias. Por meio de login e senha, o contribuinte acessa serviços interativos e informações protegidas por sigilo fiscal. A ferramenta aproxima o cidadão do fisco municipal, configurando-se como estratégia relevante para a atualização cadastral.

O envio de intimações e notificações de atualização cadastral fortalece a transparência, o controle social e a conformidade tributária, além de estar alinhado ao princípio da não surpresa, sobretudo após a redução do envio de boletos de IPTU pelos Correios. O grande volume de atualizações cadastrais oriundas das ações de ofício exige maior eficiência, tornando a automação do processo indispensável.

Os objetivos dessa automação incluem: 1) garantir a integridade dos dados, emitindo documentos diretamente a partir do banco do SITFOR; 2) aumentar a produtividade e a eficiência do NIG, automatizando a emissão de intimações e notificações no SITFOR; 3) facilitar o acompanhamento das Ações de Ofício por meio de Relatórios; e 4) incentivar o uso do e-SEFIN pelos contribuintes, fortalecendo a plataforma e a atualização do Cadastro Único de Pessoas do Município (CAPE).

Como primeira oportunidade de aprimoramento, destaca-se a consolidação da metodologia de uso de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) para aerolevantamentos urbanos, com sensores térmicos, LIDAR e outras tecnologias para detecção de alterações cadastrais (Alves Junior, 2020; Ramalho, 2022; Boscatto *et al.*, 2024). Em 2024, a SEFIN adquiriu três (03) RPAS de mapeamento e inspeção imobiliária, sendo um (01) do modelo DJI Matrice 350 RTK e dois (02) do modelo DJI Mavic 3 Enterprise M3E, Sistema sensor RGB e LIDAR, estação móvel (receptor GNSS), módulo RTK, software de processamento de imagens digitais e dados espaciais P3 para GIS e dois computadores para processamento digital de imagens (PDIS) e estereoscopia.

Em 2025, foi realizado o estudo do processo “realizar inspeção imobiliária para fins cadastrais e multifinalitários com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS)”, fundamentado no BPM CBOK (Business Process Management Common Body of Knowledge). A iniciativa busca suprir lacunas operacionais e normativas, garantindo fluxos padronizados e transparentes, desde a solicitação da inspeção até a integração dos dados ao SITFOR. Além de assegurar a qualidade técnica dos dados geoespaciais, a padronização fortalece a segurança jurídica, a governança territorial e a justiça fiscal, consolidando o uso da inteligência geográfica como política pública.

Paralelamente, a segunda oportunidade está na adoção de técnicas de inteligência artificial (IA) para o saneamento cadastral. Algoritmos de IA podem identificar padrões e inconsistências em grandes volumes de dados, sugerindo ajustes automáticos e promovendo uma gestão preditiva mais eficiente e econômica. Nesse sentido, é imprescindível buscar experiências exitosas na aplicação de algoritmos de detecção de mudanças que possam subsidiar a criação de rotina de monitoramento de alterações cadastrais em Fortaleza.

Em trabalho aplicado ao município de Presidente Prudente (SP), Souza, Amorim, Hasegawa (2012) propõem uma técnica semi-automática de atualização cadastral, baseada na detecção de alterações em imagens de diferentes épocas, cruzando os resultados com informações do banco de dados cadastral. O processo compara a área construída detectada com os valores cadastrados e, caso a diferença seja significativa, o imóvel é separado para verificação em

campo. Foram utilizados algoritmos de subtração de imagens e o modelo anaglifo (SAM) para identificar alterações na área construída, utilizando contagem de pixels e a fórmula de Gauss sobre os vértices dos polígonos detectados.

Amorim, Malaman e Sass (2013) discutem a evolução dos métodos de atualização cadastral no Brasil, destacando as limitações dos recadastramentos tradicionais e propondo abordagens que conciliem detecção de alterações, otimização da coleta de dados e uso de bancos de dados temporais. Em experimento realizado no município de Ribeirão dos Índios (SP), utilizaram a detecção de alterações com base no uso de imagens multitemporais (aéreas e orbitais, como QuickBird) para identificar alterações na área construída dos imóveis, permitindo direcionar os trabalhos de campo apenas para imóveis que sofreram alterações, reduzindo custos e tempo.

O município de Florianópolis (SC) desde 2019 contratou uma solução chamada Projeto Monitora, um sistema automático de atualização de base cadastral, identificação de obras irregulares e desmatamento, desenvolvido para uso de prefeituras e órgãos públicos (HORUS, 2019). Utilizando a inteligência e automação da Mappa, plataforma on-line de processamento de imagens de drones, o Sistema combina informações de satélites e drones com o Banco de Dados da Prefeitura e envia notificações automáticas aos responsáveis.

Essas experiências apontam um caminho para Fortaleza: estruturar algoritmos de detecção de mudanças em imagens de satélite que subsidiem a priorização de levantamentos aéreos com RPAS, potencializando a precisão e a economicidade das ações fiscais nas áreas com maior desatualização.

Por fim, Sass e Amorim (2013) ressaltam que o Cadastro Territorial Multifinalitário deve ir além do registro estático, contemplando a evolução das características do imóvel ao longo do tempo, a partir do uso de bancos de dados temporais e geoespaciais. O SITFOR já adota um banco de dados temporal, permitindo acompanhar auditorias de alteração de geometria da parcela, da área edificada, por inscrição imobiliária e pelos diversos campos cadastrais, preservando o histórico das alterações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou que Fortaleza se consolidou como um dos municípios mais inovadores na gestão do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), adotando práticas que aliam tecnologia, inteligência geográfica e procedimentos administrativos proativos (Silva & Oliveira, 2020; Gimenès *et al.*, 2024a). A trajetória do município, marcada pela institucionalização do SITFOR, pela incorporação das diretrizes do LADM e, mais recentemente, pela adoção sistemática das ações de ofício, demonstra como a modernização cadastral pode fortalecer a governança territorial e a justiça fiscal.

As ações de ofício, ao se tornarem parte integrante da rotina administrativa, ampliaram a capacidade da gestão municipal de manter o cadastro atualizado, sem depender exclusivamente da iniciativa do contribuinte. Os resultados entre 2020 e 2024 comprovam seu impacto: incremento significativo na base cadastral, aumento do lançamento do IPTU e maior correspondência entre a realidade territorial e o Cadastro Imobiliário. A institucionalização dessas ações configura-se como avanço estratégico para a consolidação de um modelo de

governança territorial mais transparente, eficiente e sustentável.

Ao incorporar práticas automatizadas e tecnológicas no ciclo de atualização cadastral, Fortaleza avança na aplicação prática do LADM, construindo um modelo de cadastro mais dinâmico e confiável. Conclui-se, portanto, que as ações de ofício representam uma estratégia viável, eficaz e escalável para a manutenção contínua do CTM.

Não obstante os avanços, permanecem desafios a serem superados. A automação de intimações e notificações no SITFOR, integrada ao portal e-SEFIN, representa passo fundamental para garantir maior agilidade, produtividade e transparência. Da mesma forma, a consolidação da metodologia de uso de RPAS e a incorporação de técnicas de inteligência artificial oferecem oportunidades promissoras para elevar a precisão e a economicidade das atualizações cadastrais.

Recomenda-se, portanto, que a experiência de Fortaleza seja replicada em outros municípios brasileiros, com as devidas adaptações às suas realidades institucionais e territoriais. Além disso, sugere-se o aprofundamento de estudos voltados à automação de processos e ao uso de soluções de inteligência territorial, de modo a consolidar um modelo de CTM dinâmico, preditivo e cada vez mais integrado às políticas públicas de planejamento urbano, gestão fundiária e justiça fiscal.

REFERÊNCIAS

Alves Junior, A. P. (2020). Qualidade de modelos de representação altimétricos e planimétricos em imagens obtidas com Aeronave Remotamente Pilotadas (RPA). Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Londrina,. 86 f.

Amorim, A., Malaman, C., & Sass, G. G. (2025). A modernização dos processos de atualização cadastral e as análises temporais Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 65, n. 2, 2013. DOI: [10.14393/rbcv65n2-43843](https://doi.org/10.14393/rbcv65n2-43843). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43843>. Acesso em: 10 ago.

Boscatto, F., Araújo, R. Z., Araújo, A. L. & Oliveira, F. H. (2024). Análise posicional entre levantamento cadastral territorial e aerolevantamento em parcelas certificadas e não certificadas. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, 16., 2024, Florianópolis, SC. Anais [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2024. Disponível em: <https://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2024/paper/view/1071/502>. Acesso em: 10 de julho de 2025.

Gimenes, F. F., Santos, E. de O., Nogueira, R., Liberato, M. S., & PAIVA, A. C. Q. (2024). Adesão ao Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER): a experiência do município de Fortaleza/CE. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, 16., 2024, Florianópolis, SC. Anais [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2024. Disponível em:

<https://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2024/paper/view/995/463>. Acesso em: 10 de julho de 2025.

Gimenes, F. F., Nogueira, R., & Liberato, M. S. (2024a). Evolução da gestão territorial, georreferenciada e multifinalitária de Fortaleza, CE. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, 16., 2024, Florianópolis, SC. Anais [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2024a. Disponível em: <https://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2024/paper/view/989/434>. Acesso em: 10 de julho de 2025.

HORUS. (2019). Horus lança sistema automático de monitoramento de irregularidades cadastrais para prefeituras. Blog. Florianópolis, 09 de outubro de 2019. Disponível em: <https://horus.global/br/blog/sistema-monitoramento-prefeituras/>. Acesso em 10 set. 2025.

ISO. (2012) Land Administration Domain Model (LADM) - ISO/FDIS 19152:2012.

Marra, T. B. (2017). Cadastro Territorial no Brasil: modelagem de posse e propriedade a partir do Modelo para o Domínio da Administração de Terras (LADM, ISO 19152). Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de Brasília. Brasília.

Marotta, V. S., Abreu, M. V. S., & Santos, A. P. (2022). Uma revisão bibliográfica sobre as experiências com o Land Administration Domain Model (LADM) no Brasil. In Anais do COBRAC, 15º, 2022 - Florianópolis-SC.

Nascimento, F. H. P. (2018). O cadastro territorial multifinalitário de Fortaleza – Ceará: origem, integrações e desafios. In Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2018, Florianópolis. Anais. Disponível em: <https://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2018/paper/viewFile/511/199>>. Acessado em: 12 jun. 2025.

Purificação, N. R. S. (2020). Proposta de Modelagem e Implementação de um Sistema Integrado para os Cadastros Brasileiros e Projetos de Regularização Fundiária Urbana de Acordo com a ISO 19.152 – LADM. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

Ramalho, B. S. (2022). Procedimentos metodológicos para atualização de informações geoespaciais por meio de sensores imageadores embarcados em sistema aéreo remotamente pilotado. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

Santos, J. C. (2012). Análise da aplicação do modelo de domínio de conhecimento em administração territorial (LADM) ao Cadastro Territorial Urbano brasileiro – Estudo de caso para o município de Arapiraca-AL. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e

Tecnologias da Geoinformação) - Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

Santos, S. D.R., Borges, K. A.V., Brandão, A. C., & Bueno, R. F. (2025). Um modelo semântico e ontológico para o cadastro territorial brasileiro. *Advances on Knowledge Representation Journal*, 5(2), 1-24. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/advances-kr/article/view/60298>. Acessado em: 13 ago. 2025.

Sass, G. G. & Amorim, A. (2013). Análise temporal a partir do Cadastro Territorial Multifinalitário. *Revista Brasileira de Cartografia*, [S. l.], v. 65, n. 2, 2013. DOI: [10.14393/rbcv65n2-43844](https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43844). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43844>. Acesso em: 10 ago. 2025.

Silva, E. & Oliveira, A. (2020). O cadastro multifinalitário na prática: o caso do município de Fortaleza-CE. Cadastro, avaliação imobiliária e tributação municipal: Experiências para melhorar sua articulação e eficiência. Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Silva, E. (org.). (2023). Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à gestão municipal. Florianópolis: UFSC.

Silva, S. D. R. S. E. (2022). Sistematização e modelagem dos direitos, restrições e responsabilidades no cadastro territorial no contexto do sistema de administração territorial brasileiro (Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná). Universidade Federal do Paraná.

Souza, G. H. B., Amorim, A., & Hasegawa, J. K. (2012). Otimização de processos de detecção de alterações aplicados ao cadastro imobiliário. *Revista Brasileira de Cartografia*, [S. l.], v. 64, n. 2, 2012. DOI: [10.14393/rbcv64n2-43783](https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43783). Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43783>. Acesso em: 10 ago. 2025.

NOTAS BIOGRÁFICAS

Elizete de Oliveira Santos

Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará.

Analista Fazendária Municipal da Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza desde 2024. Auditora do Tesouro Municipal da Secretaria de Finanças, Planejamento e Orçamento de Caucaia de 2019 a 2024.

Ana Carla Queiroz Paiva

Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Norte.

Supervisora do Núcleo de Inteligência Cadastral e Geotecnologias da Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza desde 2019.

CONTATO

Elizete de Oliveira Santos

Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza
Rua General Bezerril, 755 – Centro
Fortaleza-CE
BRASIL
Tel: +55 85 2180-9890
Email: elizete.santos@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Ana Carla de Queiroz Paiva

Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza
Rua General Bezerril, 755 – Centro
Fortaleza-CE
BRASIL
Tel: +55 85 2180-9890
Email: ana.carla@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Elizete de Oliveira Santos e Ana Carla Queiroz Paiva, Brasil
Ações de ofício como estratégia de manutenção do cadastro territorial multifinalitário de Fortaleza - CE

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Spatialization of Territorial Parcels for Efficient Land Management

Marco Aurélio BARBIERO and Carlos Antonio Oliveira VIEIRA, Brazil

Key words: Land Management, Multi-Purpose Territorial Cadastre, Spatialization of Territorial Parcels, LADM, CNEFE, CIATA.

SUMMARY

Georeferencing urban land parcels is essential for municipal management, supporting urban planning, land regularization, tax collection, integrated public services, and legal security in real estate transactions. It also promotes transparency and citizen participation while aligning administration with geographic information systems and federal regulations, including the *City Statute* and *National System for Territorial Information Management* (SINTER). Despite these benefits, georeferencing urban land parcel in Brazilian municipalities is limited. In 2019, only 21% of municipalities had a georeferenced cadastral database, while 59% collected only descriptive data, often without spatialization, and some lacked automation. This highlights the need for methods enabling large-scale spatialization of urban parcels and updated cadastral mapping. This work proposes a *Fit-For-Purpose Land Administration* methodology using *National Address Database for Statistical Purposes* (CNEFE) and municipal cadastre data combined with *OpenStreetMap*. Results show that georeferencing can achieve a maximum error limited to half the block dimensions when CNEFE points are adequately distributed, while discrepancies reveal potential cadastre integrity issues. Collected images and operation logs may support future *deep learning* applications, enhancing accuracy and automation.

RESUMO

O georreferenciamento de parcelas urbanas é essencial para a gestão municipal, apoiando o planejamento urbano, a regularização fundiária, a arrecadação tributária, a gestão integrada de serviços públicos e a segurança jurídica em transações imobiliárias. Também promove transparência e participação cidadã, alinhando a administração a sistemas de informação geográfica e às normas federais, incluindo o Estatuto das Cidades e o SINTER. Apesar desses benefícios, a cobertura de georreferenciamento nos municípios brasileiros é limitada. Em 2019, apenas 21% dos municípios possuíam uma base cadastral georreferenciada, enquanto 59% coletavam apenas dados descritivos, frequentemente sem espacialização, e alguns não utilizavam automação. Isso evidencia a necessidade de métodos que permitam a espacialização em larga escala das parcelas urbanas e a atualização do cadastro municipal. Este trabalho propõe uma metodologia de Administração Territorial Fit-For-Purpose utilizando dados do CNEFE e do cadastro municipal, combinados com *OpenStreetMap*. Resultados mostram que o georreferenciamento das parcelas pode alcançar erro máximo limitado à metade das dimensões da quadra, e que discrepâncias indicam possíveis problemas de integridade cadastral. Imagens e registros coletados podem apoiar futuras aplicações de *deep learning*, aumentando precisão e automação.

Spatialization of Territorial Parcels for Efficient Land Management

Marco Aurélio BARBIERO and Carlos Antonio Oliveira VIEIRA, Brazil

INTRODUCTION

There are many reasons for a municipality to carry out the georeferencing of urban land parcels. This practice directly contributes to urban planning by enabling the precise identification of land use and occupation, and it can improve the efficiency of tax collection. It also supports land regularization, provides a basis for the integrated management of public services, and strengthens legal security in real estate transactions. From an institutional perspective, georeferencing enables modern public administration, aligned with geographic information systems, and ensures compliance with federal regulations, such as the *City Statute* and the *National System for Territorial Information Management* (SINTER). Furthermore, it is a fundamental tool for reducing urban risks, formulating territorial social policies, and promoting transparency and social participation.

Despite the evident contributions offered by the presence of georeferenced data in urban cadastres, in 2019 only one-fifth of Brazilian municipalities (21% or 1,159 municipalities) had a georeferenced cadastral database, according to the Survey of Basic Municipal Information – 2019 (IBGE, 2019). The same survey showed that 59% of municipalities were limited to collecting descriptive information required for legal compliance and tax collection, without any concern for spatializing the parcel grid. There were also municipalities that did not use any type of automation or georeferencing.

Given such low rates of georeferencing, regardless of the reasons for this gap in municipal cadastres, it is urgent to seek alternatives that enable the large-scale spatialization of the urban land grid, as well as the production and updating of municipal cadastral mapping.

One of the most effective strategies to accelerate this spatialization process consists of leveraging already georeferenced databases and seeking methods of integration with municipal urban cadastres, even if the accuracy initially obtained is not ideal.

In Brazil, for instance, the *National Address Database for Statistical Purposes* (CNEFE), an initiative by IBGE (*Brazilian Institute of Geography and Statistics*) aimed at collecting and organizing address information for census purposes (IBGE, 2025), stands out as a relevant alternative to be used together with local cadastral mapping and other geotechnologies in the urban management of Brazilian municipalities.

This work proposes a *Fit-For-Purpose Land Administration* methodology (Enemark *et al.*, 2021) for the large-scale spatialization of urban parcel grids, based on two public and free databases: CNEFE/IBGE and the municipal urban land cadastre.

THEORETICAL FRAMEWORK

The methodology presented here was named *SuperCIATA*, in reference to the CIATA Project (*Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo de Municípios*), developed in Brazil in the 1970s (Cunha *et al.*, 2019).

In addition to naming the methodology, *SuperCIATA* also designates the web application developed to demonstrate the different stages of transformation and integration of the original data until its consolidation into georeferenced cadastral information.

Urban Land Cadastre and the CIATA

The CIATA Project (*Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico*) (SERPRO, 2025) was implemented in the 1970s by the *Secretariat of Economy and Finance* of the *Ministry of Finance*, with resources from the *Technical Assistance Program* (PRAT) and support from the *Federal Data Processing Service* (SERPRO). The initial objective was to assist small municipalities in the implementation of the *Municipal Territorial Cadastre* and thus increase the collection of their own revenues and reduce dependence on external resources (Silva, 2023).

Although its main focus was on improving municipal revenue collection, CIATA contributed to the implementation of cadastres in several Brazilian municipalities, serving as a basis for the development of broader territorial information systems.

2.1.1 CIATA Conceptual Model

CIATA was designed in a modular and flexible way to meet the specific needs of each municipality, covering modules for legal assistance, administrative assistance, urban real estate cadastre, fiscal cadastre, and revenue (Carneiro, 2003).

Considering the technical limitations of the 1970s and 1980s, especially the absence of commercial *Database Management Systems* (DBMSs), CIATA's data modeling followed the single complete record model prevalent at the time, in which all information about an object was stored in a single row of the file (Barbiero, 2025).

The single-record model of CIATA is now considered obsolete, having been replaced by the relational model (Date, 2004), but some important features for application were preserved in most modern cadastre systems: the “*property registration*” – a hierarchical primary key usually composed of *district*, *sector*, *block*, and *unit*; and the frontage and side dimensions of the parcels. With this data, the authors believe that it is possible to graphically represent the blocks and parcels that compose them proportionally.

2.1.2 CIATA and the LADM

LADM, short for *Land Administration Domain Model*, is a standardized international data model for representing land administration information. It was developed by the *International Federation of Surveyors* (FIG) and the *International Organization for Standardization* (ISO). LADM defines a set of objects (classes) and relationships that can be used to describe different aspects of land administration, such as: *property rights*, *land-use restrictions*, and *spatial information*. Adopting LADM can facilitate data integration between different systems and promote interoperability across countries (Enemark et al., 2021).

A deeper analysis of LADM easily reveals strong influences from the relational model proposed by Edgar Codd, in which each class or object is modeled in a separate data structure (Date, 2004), as verified in the ISO 19152 standard (ISO 19152, 2012). On the other hand, CIATA was predominantly implemented using a single file as its basis. Its data definitions – or at least some clues about them – can be found in the *Real Estate Cadastre Manual* (SERPRO, 2025). Thus, a direct and detailed comparison between the two technologies is only possible at the conceptual level, as shown in Table 1.

Table 1. Conceptual comparison between CIATA and LADM

Characteristic	CIATA	LADM
Origin	Brazilian government initiative in the 1970s and 1980s.	International conceptual model developed by FIG and ISO.
Scope	Urban land cadastre in Brazil, with an initial focus on small municipalities.	Land administration in general, applicable to different countries and contexts.
Objective	Increase municipal revenue through an efficient technical cadastre system.	Provide a standard model for land administration, promoting interoperability.
Methodology	Flexible and adaptable, allowing each municipality to define the information to be collected.	Based on a conceptual model that defines standardized objects and relationships.
Technology	Limited to the technology available at the time, focused on data processing.	Technology-independent, can be implemented with different tools.
Georeferencing	Incipient and limited use of georeferencing. Few cases of effective spatial integration.	Georeferencing is a core part of the model, with strong emphasis on parcel representation.
Implementation	Discontinued in 1981 due to loss of funding.	Under continuous development and improvement, with international adoption.

The most visible contribution of LADM is the set of UML (*Unified Modeling Language*) diagrams that present the most relevant classes and attributes of a cadastral system. Classes are structures that define the data model of an object, while attributes are variables associated with classes, responsible for describing the specific characteristics of each object, according to LADM (ISO 19152, 2012).

In general terms, LADM divides the classes into three packages and one subpackage:

- **Party Packet:** This package represents the individuals, groups, and/or organizations related to the spatial units. The classes in this package include *LA_Party*, *LA_GroupParty*, and *LA_PartyMember*;
-
- **Administrative Packet:** This package deals with the rights, responsibilities, and restrictions to which each unit is subject. It includes classes such as *LA_RRR* (with its specializations *LA_Right*, *LA_Restriction*, and *LA_Responsibility*), *LA_BAUnit*, and

LA_AdministrativeSource;

-
- **Spatial Unit Packet:** This package represents the spatial units, such as parcels, buildings, and infrastructure networks. It includes classes like *LA_SpatialUnit*, *LA_SpatialUnitGroup*, *LA_Level*, among others;
-
- **Surveying and Representation SubPacket:** This subpackage, within the Spatial Unit Packet, is responsible for the geometric representations of spatial units and topological corrections through geographic information systems linked to databases. It includes classes such as *LA_Point*, *LA_SpatialSource*, *LA_BoundaryFaceString*, and *LA_BoundaryFace*.

The classes listed above are standardized by LADM (ISO 19152, 2012); however, each country may create additional classes to adapt the model to its specific needs.

It is also possible that some LADM classes are not represented in a cadastral application. Analyzing the fields defined by CIATA in light of LADM, for example, it is observed that the *Surveying and Representation SubPacket* was not included in the original CIATA project (Figure 1).

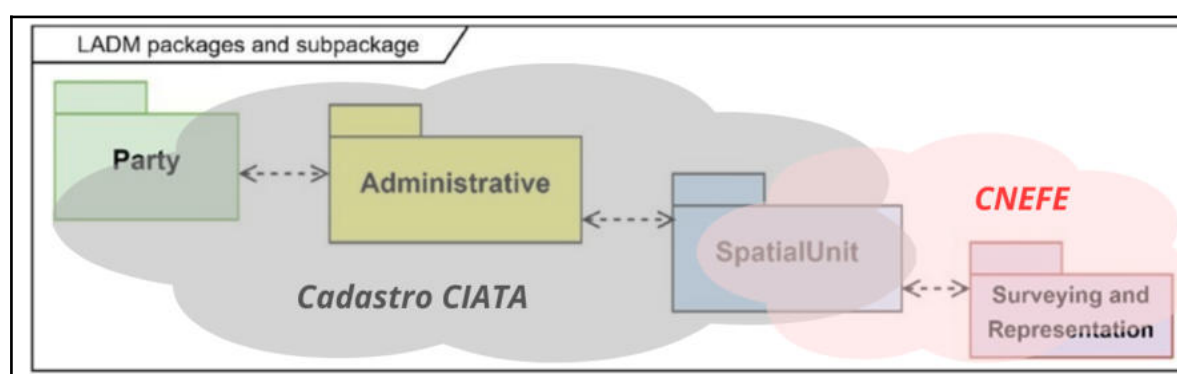


Figure 1. Basic LADM Classes (Packages) and Their Relationship with CIATA and CNEFE
Source: (Yılmaz; Alkan, 2024) and Authors' Adaptations.

CNEFE

According to IBGE (2025), *The National Address Database for Statistical Purposes* (CNEFE) is a nationwide database created in 2005. This database includes georeferenced addresses of households and establishments throughout the country.

CNEFE is administered by IBGE (*Brazilian Institute of Geography and Statistics*) and is fully updated during demographic censuses and periodically in other surveys. The data undergo a rigorous process of validation and standardization, ensuring its reliability (IBGE, 2024). Furthermore, the coverage of the data collection, which resulted in more than 103 million validated addresses in 2022, makes its georeferenced database one of the most comprehensive in the country.

In summary, starting with the 2022 Brazilians Census, for each address found in municipalities, census takers collected the coordinates of a point located on the street in front of constructed or under-construction units (IBGE, 2024).

It is important to highlight the concept of an address defined in the *Address Registration Standard Document* (IBGE, 2019): “a text that allows the proper identification of a constructed unit within a municipality; that is, from this text, it must be possible to individualize and locate a point of interest within a given municipality”.

From the analysis of this definition of address, it can be inferred that not all objects of municipal cadastral interest are covered by CNEFE, since vacant lots and areas without specific use are not collected. On the other hand, the database includes addresses in rural areas, contains repeated georeferenced points, and includes attributes considered unnecessary, which need to be filtered for the effective processing of the *SuperCIATA* methodology.

Regarding georeferencing, according to the IBGE Methodological Note No. 01 (IBGE, 2024), the coordinates of the addresses are presented in the SIRGAS 2000 projection, in signed decimal degrees format with up to five decimal places. These coordinates were obtained using GNSS (*Global Navigation Satellite System*) devices embedded in the data collection equipment. Under normal data collection conditions (horizontal buildings, low-rise buildings, rural areas), the maximum error reaches 11.71 meters.

The CNEFE files for each Brazilian municipality are available on the official IBGE portal (IBGE, 2025) in *CSV* format (semicolon-separated) and *GeoJSON* format. Each record contains 35 attributes covering different dimensions of census interest.

Table 2 presents a comparison between CNEFE and LADM model, focusing on the structural and functional differences between them. In this context, it is highlighted that CNEFE does not include information related to the parties involved (*LA_Party* entities in LADM), nor does it represent the legal, technical, or administrative relationships between these parties and the registered addresses (*LA_RRR* — Rights, Restrictions, and Responsibilities). Moreover, the spatial representation is limited to indicating georeferenced points, without including information about the extent or boundaries of spatial units, such as areas or polygons.

In summary, the public data provided by IBGE through CNEFE can be interpreted, in light of LADM, as a partial representation focused on the basic administrative units (*LA_BAUnit*), lacking the legal and relational links that characterize a complete cadastral system according to the international standards of LADM (ISO 19152, 2012).

Table 2. Structural and functional comparison between CNEFE and LADM

Characteristic	CNEFE	LADM
Scope	Nationwide georeferenced address database managed by IBGE.	International conceptual model for land administration developed by FIG and ISO.
Data Collection	Periodically updated through demographic censuses and other surveys.	Not a database itself; the model can be implemented using different data sources depending on the context.
Attributes	35 attributes per record, focusing on census and statistical information.	Standardized objects and relationships covering rights, responsibilities, restrictions, and spatial units.
Georeferencing	Provides georeferenced points for addresses, but without defining parcel boundaries.	Includes comprehensive spatial representation (points, boundaries, parcels, and other spatial units).
Legal Relationships	Does not represent legal or administrative links between parties and addresses.	Explicitly models relationships through <i>LA_RRR</i> (Rights, Restrictions, and Responsibilities) and <i>LA_Party entities</i> .
Administrative Units	Represents basic administrative units (addresses) without legal or ownership information.	Provides a complete cadastral model including <i>LA_BAUnit</i> and its relationships with parcels and parties.
Interoperability	Limited to statistical and census purposes.	Designed to promote interoperability across countries and land administration systems following ISO 19152 standards.

OPEN STREET MAP – OSM

OpenStreetMap (OSM) is a collaborative project that provides open and free geographic data maintained by a global community of contributors. It contains detailed vector representations of urban elements such as streets (public roads), buildings, squares, among others (Haklay,

2010).

OSM was created in 2004 by Steve Coast in the United Kingdom as a response to the restricted access and high costs of proprietary geographic data (Haklay; Weber, 2008). Inspired by the collaborative model of Wikipedia, the project has established itself as the main free and open mapping initiative in the world, supported by a global community of volunteers (Goodchild, 2007).

The OSM database is organized into nodes, ways, and relations, which represent, respectively, discrete *points*, *lines* (streets and rivers), and *complex structures*. In this work, for the spatialization of municipal cadastral blocks, the coordinates of street segments (ways) are used, accessed through the Overpass API service. The Overpass API is a specialized query service for extracting OSM data using a language similar to SQL (Olbricht; Paulmann, 2015).

MATERIALS AND METHOD

Characterization of the Study Area

The municipality of Itabira, located in approximately 110 km from Belo Horizonte (The Minas Gerais State Capital), has a total area of 1,253.704 km², of which about 70 km² are urban. The estimated population in 2020 was 120,904 inhabitants.

The municipal real estate cadastre was outdated originally, consisting of alphanumeric information linked to the taxation system and geospatial data in digital format, but stored in disconnected databases. In this context, the need was identified to structure an updated conceptual model, in line with trends in the modernization of cadastral systems (LADM). This model should have the land parcel as the central object of the cadastre, in accordance with the definition of the International Federation of Surveyors (FIG), allowing its use as a basic reference for thematic cadastres and enabling integration with classes such as people, addresses, and taxes (Vieira et al., 2024).

Materials

This study uses three data sources: the CNEFE from IBGE, the municipal urban cadastre, and, when available, open data from *OpenStreetMap*.

To organize the different data sources, a naming convention was adopted by adding a domain identifier before table names: CN_ for CNEFE; CI_ for CIATA; and SC_ for SuperCIATA.

The *SuperCIATA* application, built to test and demonstrate the methodology for integrating databases, also employs: the *MySQL database management system* (MySQL, 2025) for data storage; the *JavaScript programming language* (MDN, 2025) for performing calculations and developing pages; and the Leaflet library (Leaflet, 2025) for cartographic visualization.

All these components are provided by the hosting service, and access to the application, documents, and code can be made via the URL: <http://SuperCIATA.smuu.com.br>.

Methods

3.3.1 Obtaining IBGE Points

The standardization, availability, and documentation of CNEFE provide simplicity to the process of importing its data into a relational database. In order to perform this task, it is sufficient to download the file in CSV format and use the resources provided by *Database*

Management Systems (DBMS) for import. At this initial stage, it is recommended to import the entire municipal file, proceeding later with the necessary filtering and structural transformations using SQL (*Structured Query Language*), a standardized programming language widely used for interacting with relational database management systems (Date, 2004).

Once the data are stored in a table named CN_PONTOS, it is possible to execute a single SQL query with multiple purposes: selecting the attributes of interest, excluding non-urban or low-quality addresses, concatenating attributes, and eliminating duplicate points. The code required for this task is shown in Table 3 and illustrates the efficiency and capability of SQL in handling and processing large volumes of data.

Table 3. SQL code for creating the CN_PONTOS_UNICOS

```
CREATE TABLE CN_PONTOS_UNICOS AS
SELECT
  COD_MUNICIPIO,
  COD_UNICO_ENDereco,
  -- ID_QUADRA = concatenação COD_SETOR + NUM_QUADRA
  CONCAT(COD_SETOR, LPAD(NUM_QUADRA, 3, '0')) AS ID_QUADRA,
  -- ID_FACE = concatenação COD_SETOR + NUM_QUADRA + NUM_FACE
  CONCAT(COD_SETOR, LPAD(NUM_QUADRA, 3, '0'), LPAD(NUM_FACE, 2, '0')) AS ID_FACE,
  REPLACE(
    CONCAT(
      TRIM(COALESCE(NOM_TIPO_SEGLOGR, '')), ' ',
      TRIM(COALESCE(NOM_TITULO_SEGLOGR, '')), ' ',
      TRIM(COALESCE(NOM_SEGLOGR, ''))
    ),
    ' ', ' '
  ) AS NOM_LOGRADOURO, -- NOM_LOGRADOURO com limpeza de espaços
  NUM_ENDereco,
  LATITUDE,
  LONGITUDE,
  ST_GeomFromText(
    CONCAT('POINT(', LONGITUDE, ' ', LATITUDE, ')'), 4326
  ) AS COORDS -- Campo do tipo geometry (POINT)
FROM CN_PONTOS
WHERE NUM_QUADRA > 0
  AND NV_GEO_COORD < '4'
ORDER BY ID_QUADRA;
```

The SC_PONTOS_UNICOS table now presents new attributes:

- **ID_QUADRA = COD_SETOR + NUM_QUADRA**
- **ID_FACE = COD_SETOR + NUM_QUADRA + NUM_FACE**
- **NOM_LOGRADOURO = NOM_TIPO_SEGLOGR + NOM_TITULO + SEGLOGR + NOM_SEGLOGR.**

These modifications are necessary to align the concepts of CIATA and CNEFE. Other tasks in the methodology, such as calculating centroids and generating block identities, are performed through SQL queries available in Barbiero (2025).

3.3.2 Obtaining CIATA Data

Obtaining municipal cadastre data in the correct format can be quite challenging because, although most municipalities use a data model similar to CIATA, there is no standardization regarding the format or typology of attributes. In addition, it is very common for cadastre applications to be outsourced and store information in proprietary databases. In such cases, the administration must request that the software provider extract the records in CSV format

(Comma Separated Values) (Open Knowledge, [n.d.]) and, subsequently, make the necessary adjustments in the DBMS.

Doubts may arise regarding the obligation of third parties to provide data to the municipality. However, Brazilian legislation provides detailed guidance on this matter. According to Article 5 of the *General Data Protection Law* (LGPD, 2018), which regulates the processing of personal data in Brazil, two types of processing agents are distinguished: The **Controller**, responsible for defining the purposes and means of processing personal data, and the **Processor**, who carries out the processing according to the controller’s instructions.

In the case of the urban cadastre, the municipality acts as the controller and may determine the operations to be carried out, including the export of information to open formats, with the possibility of charging compensation for the conversion work performed by the processor.

3.3.3 Obtaining Data from OpenStreetMap (OSM)

The street segment coordinates provided by *OpenStreetMap* are used to adjust the geographic slope of a road segment relative to the north–south axis and, by extension, of the polygon generated from municipal cadastre information.

With the centroid of the most populated face calculated and using the *Overpass API service*, a query is made in *OverpassQL* (OPENSTREETMAP, 2025) to return the coordinates of street segment points close to the centroid. Table 4 shows a query that searches for street way points within a radius of *around* meters from the latitude and longitude coordinates.

Table 4. Overpass API Query

<pre>`[out:json][timeout:25];   (way["highway"] ["name"~"\${logradouro}",i] (around:\${raioMetros},\${lat},\${lng}));   out body;>;out skel qt;`</pre>

3.3.4 Integrating CNEFE and CIATA

The central idea of the *SuperCIATA* application is that the municipal territorial cadastre allows blocks to be represented as polygons (*Block Map*), and that CNEFE provides their approximate position. To achieve this, it is essential to establish correspondence between the blocks in the two cadastres.

This correspondence can be quite complex because municipalities freely define the values of the key components, without prior coordination with IBGE. Thus, there is no direct formula to relate the standard CIATA key to the CNEFE key. However, by combining the CIATA primary key with the street name of the addresses of lots/parcels, it is possible to identify which streets delimit the different blocks of the municipality.

By applying the same process to the CNEFE database, an attribute — **SC_ID_QUADRA** — is created, enabling linkage between the blocks in both databases.

3.3.5 Street Names

Since the strategy chosen to link the blocks in the two databases consists of using the names of the surrounding streets, it becomes essential to pay rigorous attention to these denominations.

In any computerized system, the entry of incorrect data is a common occurrence.

The proposed application has no authority over either database — that is, it cannot alter data in the municipal cadastre or in CNEFE. Therefore, it is necessary to create a domain to standardize street names.

As IBGE data are already standardized, most of the preprocessing must be carried out on the municipality's database. The type of preprocessing required depends on individual analysis but will likely include the removal of accents and other special characters and the concatenation of fields.

The subsequent process involves identifying *toponymic equivalences* between the databases. The adopted strategy follows a hierarchical flow: (i) exact comparison; (ii) phonetic methods (Soundex/Double Metaphone) for unmatched records; and (iii) finally, similarity algorithms (Levenshtein) for residual cases — according to the methodology validated by Manning et al. (2008). Records irrecoverable by these methods require the use of artificial intelligence techniques, manual intervention, or controlled discarding (Macedo, 2023).

Once correspondence between street names is established, a table is created that includes **COD_MUNICIPIO**, the original street names from CIATA and CNEFE, as well as a unique identifier for the street.

The unique identifier of the street correspondence, called **SC_ID_LOGRADOURO**, is a hexadecimal digest value calculated by the *CRC32* function applied to the concatenation of the other attributes in the following order: **COD_MUNICIPIO**, **NOM_LOGRADOURO_CIATA**, and **NOM_LOGRADOURO_CNEFE**. This identifier will be incorporated into the address lists of both databases. After this attachment, the application starts identifying streets by **SC_ID_LOGRADOURO** in all database operations.

3.3.6 Creation of SC_ID_QUADRA

After generating the **SC_ID_LOGRADOURO** values, they are grouped in ascending alphabetical order into a vector, according to the blocks they delimit. This vector is inserted into the block tables of CIATA and CNEFE and becomes a unique identity of the block shared by both databases.

Once the **SC_ID_QUADRA** attribute has been appended to the tables, they can be correlated automatically.

3.3.7 Graphical Representation of Blocks

The procedure adopted to position the municipal cadastre block close to its real geographic location consists of aligning the midpoint of the CIATA polygon side with the centroid of the selected CNEFE block face and drawing the block according to the dimensions established in the CIATA cadastre.

The function that draws the block in *SuperCIATA* receives as parameters: the ordered list of street IDs; block face dimensions; block face centroids; and the number of unique points of the faces.

The block is drawn with the original dimensions of the CIATA cadastre, initially at an angle parallel to the equator, and then adjusted using OpenStreetMap data, when available.

The accuracy verification of the *SuperCIATA* method will be carried out using the statistical metric *Root Mean Square Error* (RMSE). Its calculation consists of obtaining the mean of the squared differences between observed and estimated values and then extracting the square root of this result (Bussab; Morettin, 2021). RMSE is widely used in the validation of spatial predictive models (Almeida et al., 2007).

3.3.8 Adjustment with OpenStreetMap

The OpenStreetMap data are used to adjust the angle of the CIATA drawing to the rotational angle of the street segment corresponding to the face used as an anchor. It is not always possible to obtain data with adequate precision because OSM is a cooperative database. In such cases, the block is drawn without adjustments.

RESULTS

In Figure 2 it is possible to visualize the centroid of the selected block (Figure 2(a)) and the graphical representation of the block adjusted by the angle obtained from OSM (Figure 2(b)).

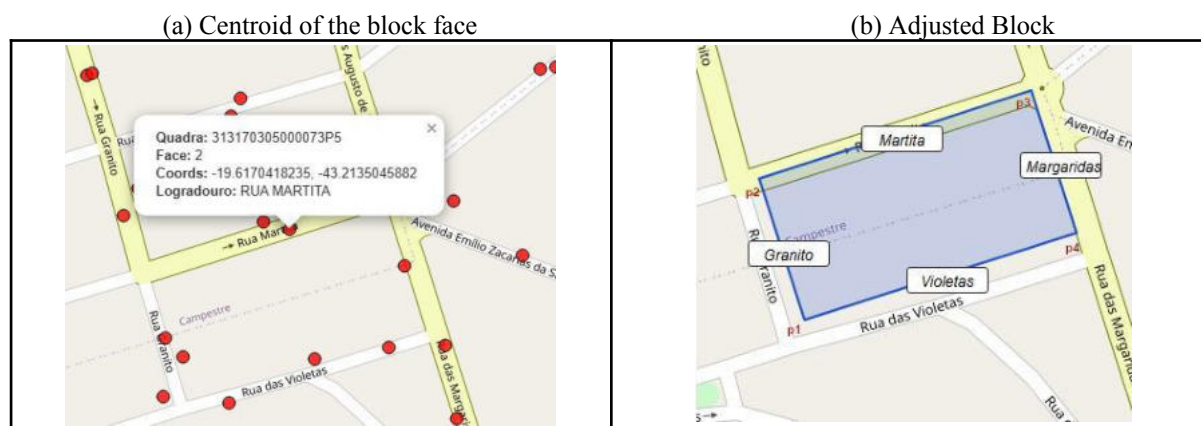


Figure 2. Centroid of the face and adjusted block[

Figure 3 shows the *shapefile* extracted from the Territorial Information System (SIT) of the municipality of Itabira - MG, which serves as a reference for validating the methodology. The data used for calculating the *mean error* and the *root mean square error*, presented in section 4.1, were extracted from this *shapefile*. The highlighted points represent the block vertices calculated by *SuperCIATA* (Figure 2(a)) and georeferenced by the municipality (Figure 3). It is observed that there is no exact coincidence among any of the three coordinate sources: municipality cadastre, IBGE, and *OpenStreetMap*.



Figure 3. Original shapefile from the Municipality of Itabira

Table 5 presents the errors, calculated using the statistical metric *Root Mean Square Error* (RMSE), that occur when the CIATA block is drawn using the block centroid as an anchor

and after angle adjustment with OSM data. The data refers to a block in the municipality of Itabira-MG, and the reference values were obtained from the *shapefile* extracted from the municipality's *Territorial Information System* (SIT).

Table 5. Mean error with angle adjustment using OSM

Point	Latitude SIT-Itabira	Longitude SIT-Itabira	Latitude Adjusted	Longitude Adjusted	Δ Latitude (")	Δ Longitude (")	Distance (")	Error (m)
1	-19.61782	-43.21399	-19.61779	-43.21398	0.000027	0.000004	0.0000273	3.03
2	-19.61725	-43.21417	-19.61723	-43.21417	0.000020	0	0.0000200	2.22
3	-19.61691	-43.21301	-19.61688	-43.21302	0.000034	0.000009	0.0000352	3.91
4	-19.61748	-43.21280	-19.61744	-43.21282	0.000032	0.000025	0.0000406	4.51

Metric	Value (m)
MAE (Mean Absolute Error)	3.42
RMSE (Root Mean Square Error)	3.53
Maximum Error	4.51

The observed errors are significant and may have several sources: limitations in the precision of the equipment used to collect coordinates; atmospheric interferences; displacement of the face centroid due to the irregular distribution of points; inconsistencies in parcel dimensions in the municipal cadastre; among others.

The reduction of these errors is possible through cadastre corrections or by conducting new coordinate collections at critical points, but each case must be analyzed individually.

CONCLUSIONS

The objective of this work was achieved, demonstrating the feasibility of using CNEFE data in association with a consistent municipal territorial cadastre and *OpenStreetMap* for the georeferencing of urban parcels at different levels of precision.

Considering that the quality of CNEFE data collection is homogeneous throughout the country, the georeferencing quality levels of *SuperCIATA* can be summarized as follows:

- If an urban block has at least one constructed property on each face in the latest CNEFE survey, then a realistic municipal urban cadastre is sufficient to ensure the georeferencing of urban parcels with a maximum error limited to half of the block's dimensions. This condition establishes a minimum reliability benchmark for the proposed method;
- If at least one of the block faces has a sufficient number of unique CNEFE points to generate a face centroid close to the real one, then a realistic municipal urban cadastre becomes sufficient to allow georeferencing of urban parcels with reasonable accuracy. This shows that the density of CNEFE points on each face is crucial to refine the spatial result;
- Finally, if the representation of a CIATA block significantly diverges from the *SuperCIATA* map in shape and/or size, it is likely that the municipal cadastre has data integrity issues. This finding reinforces the potential of the methodology not only for

georeferencing but also as a tool for auditing and validating the municipal cadastre. Georeferencing with the precision obtained by the methodology can facilitate urban planning and compliance with various legal obligations. However, it is not sufficient, for example, to replace the mandatory georeferencing of properties for registration purposes. As can be seen from the methodology description, the use of CNEFE and municipal cadastres in the CIATA standard restricts the application of *SuperCIATA* to municipalities in Brazil. Even so, the methodology can be applied in other countries, provided there is a database with georeferenced block information and another with block identification and lot dimensions. In the absence of georeferenced databases, municipal administrations may collect only the corner positions and associate them with the primary key of the municipal cadastre. Regarding the use of artificial intelligence methods, *SuperCIATA* does not directly adopt them in the parcel geolocation process. However, the collection of images before and after adjustments, together with the detailed *operation log*, can serve as a solid and diverse training dataset for deep learning applications. Thus, future versions of the system may incorporate knowledge extracted from this database, enhancing both the accuracy and automation of the processes.

REFERENCES

- ALMEIDA, C. et al. (Org.). Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARBIERO, M. A. SUPERCATA - Georreferenciamento Municipal. Aplicação. Disponível em: <http://supercata.smuu.com.br/>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- BUSSAB, W.; MORETTIN, P. Estatística Básica. São Paulo: Editora Saraiva, 2021.
- CARNEIRO, Andréa F. T. Cadastro imobiliário e registro de imóveis: a Lei n. 10,267/2001, Decreto n. 4,449/2002 e atos normativos do INCRA. São Paulo: S.A. Fabris Editor, 2003.
- CUNHA, Eglaisa et al. O cadastro urbano no Brasil: histórico e evolução. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, v. 0, n. 17, p. 55–74, 30 jun. 2019.
- DATE, C. J. Introdução a Sistemas de Banco de Dados. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- ENEMARK, S.; MCLAREN, R.; LEMMEN, C. Fit-for-Purpose Land Administration—Providing Secure Land Rights at Scale. Land, v. 10, n. 9, p. 972, 15 set. 2021.
- GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. GeoJournal, v. 69, n. 4, p. 211–221, 30 nov. 2007.
- HAKLAY, M. How Good is Volunteered Geographical Information? A Comparative Study of OpenStreetMap and Ordnance Survey Datasets. Environment and Planning B: Planning and Design, v. 37, n. 4, p. 682–703, ago. 2010.
- HAKLAY, M.; WEBER, P. OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. IEEE Pervasive Computing, v. 7, n. 4, p. 12–18, out. 2008.
- IBGE. Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/habitacao/38734-cadastro-nacional-de-enderecos-para-fins-estatisticos.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 4 jun. 2025.

IBGE. Censo Demográfico 2022. Coordenadas Geográficas dos Endereços. Nota metodológica n. 01. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102063.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2025.

IBGE. Padrão de Registro de Endereços - liv101639. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101639.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ISO 19152:2012(en), Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM). 2012. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:19152:ed-1:v1:en>. Acesso em: 6 dez. 2024.

LEAFLET - a JavaScript library for interactive maps. Disponível em: <https://leafletjs.com/>. Acesso: 10 ago. 2025.

MACEDO, D. Integração do Cadastro Único com Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatístico através da modelagem de um banco de dados espacial. [S. l.]: mds.gov.br, 2023. Disponível em: https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/pesquisas/documentos/relatorio/relatorio_270.pdf. Acesso em: 3 mar. 2025.

MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHÜTZE, H. Introduction to information retrieval. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

MDN. JavaScript. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>. Acesso: 10 ago. 2025.

MySQL. Database Management System. Disponível em: <https://www.mysql.com/>. Acesso: 10 ago. 2025.

OLBRICHT, R.; PAULMANN, M. Overpass API. FOSS@HFT, 2015. 1 vídeo (44 min). Disponível em: <https://av.tib.eu/media/17720>. Acesso em: 17 jul. 2025.

OPENSTREETMAP WIKI. Overpass API/Overpass QL. Disponível em: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Overpass_API/Overpass_QL. Acesso em: 11 ago. 2025.

SERPRO. Superciata/PROJETO CIATA - MANUAL DO CADASTRO IMOBILIÁRIO.pdf. In http://superciata.smuu.com.br/docs/ProjetoCiata_ManualCadastroImobiliario_OCR.pdf. Acesso: 20 jul. 2025.

SILVA, Everton da (ORG.). Cadastro Territorial Multifinalitário aplicado à gestão municipal. Florianópolis, SC: Ufsc, 2023.

VIEIRA, C. A. O. et al. Proposição de modelos de governança e utilização de instrumentos de relações intergovernamentais para implementação do cadastro territorial multifinalitário. In: congresso brasileiro de cadastro multifinalitário e gestão territorial, COBRAC 2024, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 2024.

YILMAZ, O.; ALKAN, M. Applicability of spatial planning system package for the LADM Turkey country profile. Transactions in GIS, v. 28, n. 4, p. 858–883, jun. 2024.

BIOGRAPHICAL NOTES

Marco Aurélio BARBIERO - Federal Revenue Auditor of Brazil; Master's student in Territorial Management at PPGTG - UFSC; Postgraduate in Big Data from PUC-MG;

Bachelor in Computer Science from the University of Passo Fundo – RS.

Carlos Antonio Oliveira VIEIRA – Professor Titular at the Federal University of Santa (UFSC) Catarina, PhD in Physical Geography, MSc. in Systems and Computing, BSc. Survey Engineering, B.Sc. In Public Administration.

CONTACTS

Marco Aurélio Barbiero
Universidade Federal de Santa Catarina
Rua Capitão Araújo, 551, ap 301 – CEP 99010200
Brazil - Passo Fundo - RS
Phone: +55 54 991811915
E-mail: marco.barbiero@posgrad.ufsc.br
Website: <http://superciata.smuu.com.br>

Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

Josip KRIŽANOVIĆ, Doris PIVAC, Hrvoje TOMIĆ and Miodrag ROIĆ, Croatia

Key words: land administration system, LADM, standard, cadastre, land use, land value

SUMMARY

Today's land administration systems include numerous functions and services for managing land information. However, due to historical developments of different authorities, these functions and services are usually operated in a heterogeneous environment. One of the possible means to address this situation is the implementation of standards. Standardization is an established approach for organizations to coordinate and organize their resources and processes to ensure product and service quality and to raise work efficiency. One of the most dominant standards in land administration domain is the LADM. Initially released in 2012 as a generic conceptual model, LADM is revised and in its second edition covers all functions of land administration. However, the sixth part of the second edition, which is expected to include implementation aspects, is currently yet to be developed. Most of the previous research papers have dealt with design and capabilities of LADM through development of country profiles. This has resulted in two approaches or methodologies for development and adoption of LADM. In this paper, the authors provide third proposal which is mainly focused on tasks to implement LADM into existing LAS. The proposed methodology consists of three phases which include steps which could lead to potential implementation of LADM. The proposed methodology is described in context of Croatian land administration system on a conceptual level. Furthermore, the paper discusses potential challenges in modeling different sets of land administration data and importance of optimizing use cases through standardized data organization.

Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

Josip KRIŽANOVIĆ, Doris PIVAC, Hrvoje TOMIĆ and Miodrag ROIĆ, Croatia

1. INTRODUCTION

Today's land administration systems (LASs) include numerous services and functions for managing land information. Generally speaking, there are four main functions of land administration, namely, land tenure, land use, land value and land development. (Enemark 2006). These diversified services and functions have their own view and interpretation of their importance, use, and application; they also have unique vocabularies and are quite autonomous, employing different procedures which are usually defined by regulations affecting their domain (Kalantari et al, 2006, Kalogianni et al. 2020). This heterogeneous environment is caused mainly by historical developments of jurisdiction areas, and is present in most of the LASs around the world (FIG 2022; UNECE 2021).

The transition of these heterogeneous functions into an integrated LAS could be achieved through the development and implementation of international standards. Standardization is an established approach for organizations to coordinate and organize their resources and processes to ensure product and service quality and to raise work efficiency. The objects of standardization usually include network technologies, operating systems, database systems, applications and processes (Ahlemann et al. 2023). In domain of geospatial data, for few decades, the Open Geospatial Consortium (OGC) has developed data technology standards and has grown into the worldwide leading organization for the geospatial IT domain. On the other hand, a more formal standardization organization is International Organization for Standardization (ISO), in which, one of the most dominant standards have been published to describe LASs, namely ISO 19152 the Land Administration Domain Model (LADM). This standard represents a generic conceptual model for describing relationships between people and land (van Oosterom and Lemmen 2015).

The first edition of LADM included eight country profiles and since the initial publication, the development of country profiles has significantly increased. So far more than 40 country profiles have been developed, making LADM a highly relevant international standard (Kalogianni et al. 2021). However, standardization is complex and challenging process (Simonis 2019). The second edition of LADM is currently under final stages of development and covers all of the LA functions (Kara et al. 2024). This will enable upgrades of existing country profiles with new functions or encourage those who have never tackled with standardization of LASs to experience the possibilities of LADM in its full extent.

There are two known approaches for incorporating LADM into LAS. First being presented by Kalantari et al. (2015), which describes roadmap for LADM adoption and second being a generic methodology for developing a LADM country profile proposed by Kalogianni et al. (2021). The objective of this paper is to propose a third, more practical approach for designing future LADM based LASs on a case study of Croatian LAS.

Josip Križanović, Doris Pivac, Hrvoje Tomić and Miodrag Roić
Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

The proposed methodology is somewhat based on previous experiences and findings, but utilizes some steps in different order to enhance practicality and operational aspects of implementing standard into existing LAS. The goal of this paper's findings is not to present a complete solution for implementing LADM, but to discuss operational steps, workflows, and possible outcomes, as well as to identify potential challenges.

The paper is organized as follows: the second section describes previously-developed approaches and practical approach proposed in this paper. The next sections deal with phases of proposed methodology by utilizing experiences from Croatian LAS. Finally, possible outcomes, challenges and future work are discussed.

2. METHODOLOGY

Standard characteristics include all the features of the standard that make it superior to current practice. This results in a higher chance that it will be adopted. These characteristics usually refer to technological superiority, relative advantage, observability, comprehensibility and customizability (Van De Kaa 2023). The said characteristics can be found in LADM as well. Firstly, technological superiority is evident, since there is no internationally recognized standard for development of LASs. Relative advantage usually refers to benefits of implementing standard, e.g. higher reputation of organization or accreditation. Observability refers to extent to which the standard is known by the organization, e.g. better understanding of the benefits leads to higher adoption rate. In most cases, the LADM research included experts from academia, industry and public sector (Kalogianni et al. 2021). Furthermore, the comprehensibility, refers to extent to which the standard is understood by the organization. In some cases, the standard may be found to be too complex and difficult to understand. In case of LADM, this is validated by cooperation between academia, industry and public sector as well. Lastly, customizability is one of the core attributes of LADM, as it is not prescriptive, but descriptive standard. This means that LADM can be adapted to cover specific components of targeted jurisdictions (Kalogianni et al. 2021; Lisjak et al. 2021; van Oosterom and Lemmen 2015; Vučić, Markovinović, and Mičević 2013). Given the fact that all of the said characteristics can be linked to LADM, the question which remains is how to successfully implement it into existing LAS.

There are two known general approaches concerning LADM implementation. First one is a roadmap, consisting of six stages leading to adoption of LADM. This roadmap (Figure 1) was proposed by Kalantari et al. (2015) and tested on two use cases. This holistic view reveals more non-technical considerations such as organizational motivation, arrangements or capacity building. The authors have tested roadmap on a well-established LAS in Australia and suggest that it might be difficult to justify the introduction of LADM into the existing system. On the other hand, in case of newly-established LAS, they suggest that LADM could provide new opportunities as well as challenges. Some of the identified challenges include technical aspects such as data conversion of textual documents and organizational aspects such as negative impact on the performance of existing staff. Furthermore, the authors argue that in cases of well-established LAS, the first three stages of the roadmap could be skipped.

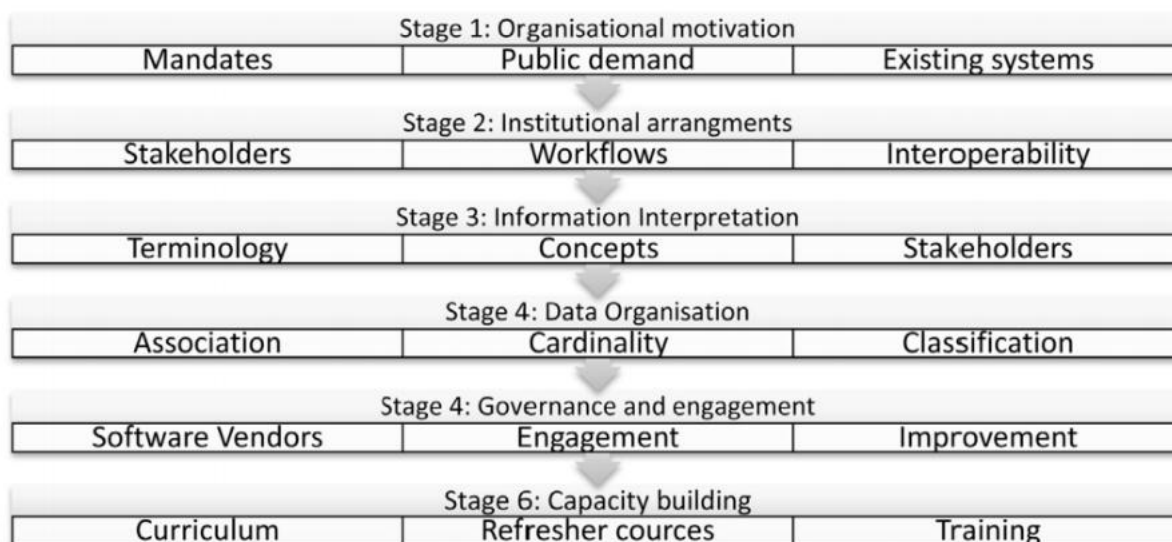


Figure 1. A roadmap to adopt LADM in a land administration organisation (Kalantari et al. 2015).

The second approach is the methodology for developing a country profile proposed by Kalogianni et al. (2021). This methodology consists of three phases (Figure 2) and describes iterative process which tests the profiles functionality and efficiency. Moreover, the methodology is based on both technical and non-technical aspects. It is based on good practices from development of multiple country profiles worldwide.

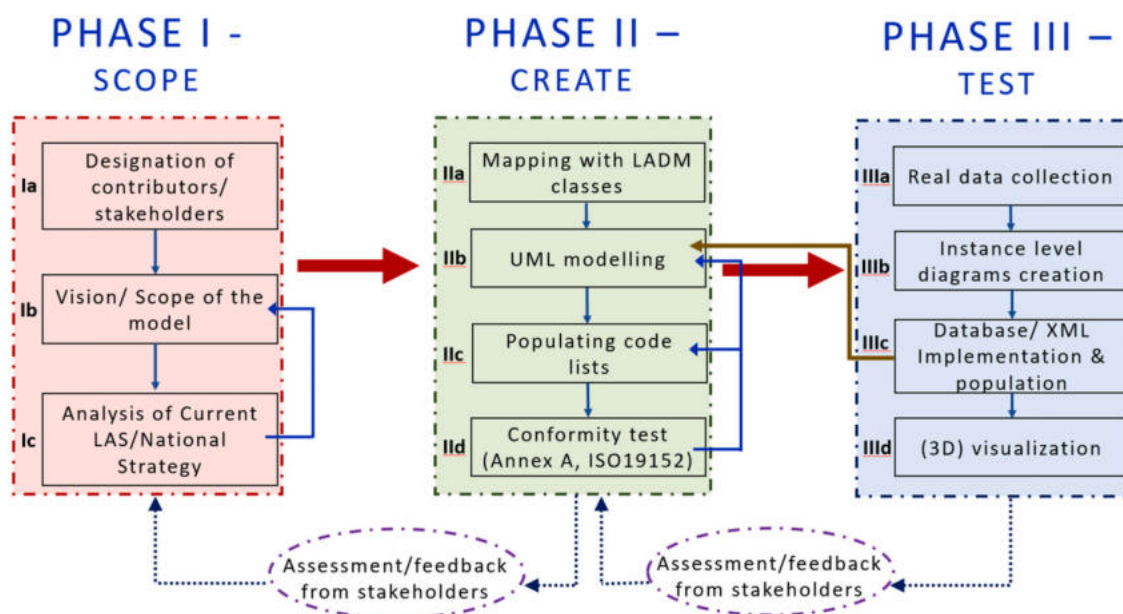


Figure 2. Phases of the LADM-based country profile development (Kalogianni et al. 2021).

Both of the proposed approaches are sound and make sense, however, in case of changing existing LAS, a different approach may be required. This paper aims to present methodology for implementing LADM into existing LAS based on reverse engineering.

The reverse engineering is defined as process of analyzing a subject system to identify the system's components and their interrelationships and to create representations of the system in another form or at a higher level of abstraction (Chikofsky and Cross 1990). Additionally, the focus of this methodology is to focus on operational aspects which usually include practical steps and real-world use cases. The proposed methodology is shown in Figure 3 below.

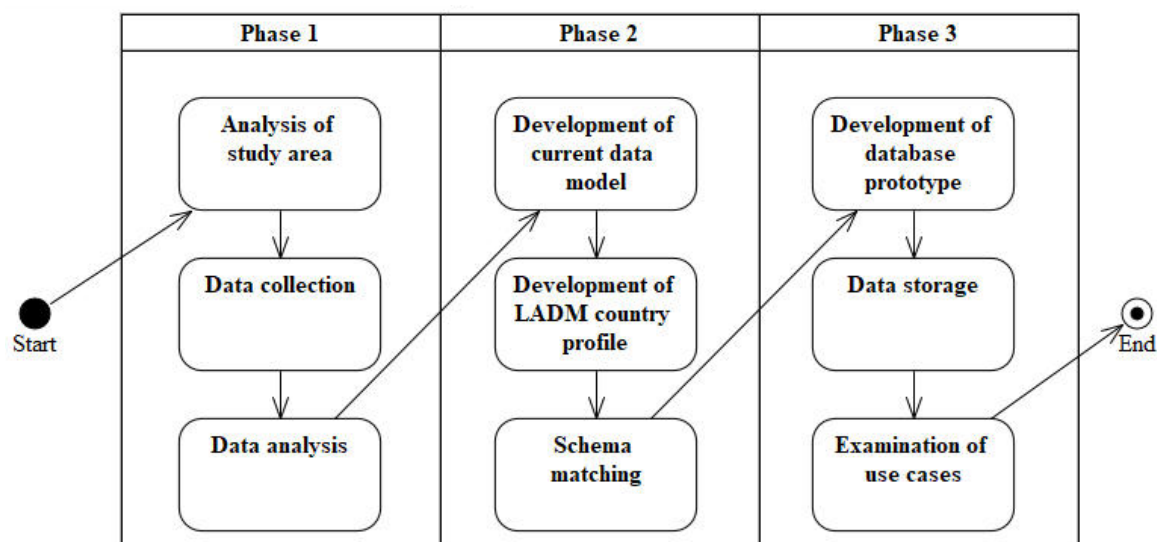


Figure 3. Methodology for implementing LADM.

The proposed methodology consists of three phases; first phase refers to determination of study area or jurisdiction data collection and analysis. Second phase refers to modelling, similar to methodology from Figure 2, but includes additional modeling of existing LAS. This may be crucial in adoption as it could be used to showcase issues of existing model and why is LADM based one actual improvement. Furthermore, schema matching should be used to establish relations between existing and standardized model. The third phase refers to realization and implementation. In this phase the developed country profile model should be translated to database. Furthermore, the collected data should be adjusted to requirements of standardized database and ready for examination of use cases. The development of use cases, or improvement of existing ones may be the most important evidence for the need to implement LADM into existing LAS. Further sections will describe each phase of the proposed methodology on a case study of Croatian LAS.

3. PHASE I: Study area, data collection and analysis

Croatia is organized as a two-tier system of local self-government existing alongside a parallel cadastral division. At the administrative level, the country is divided into 20 counties plus City of Zagreb. Under these counties there are 128 cities and 428 municipalities, which together form the basic units of local self-government (LSG). In parallel with the administrative structure, Croatia is fully covered by a network of approximately 3300 cadastral municipalities. For the purposes of this case study, this paper explores data in regard to land tenure, land use and land value. Land tenure function is in domain of cadastre and land book, or simply cadastral system.

Josip Križanović, Doris Pivac, Hrvoje Tomić and Miodrag Roić
Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Croatian cadastral system is mainly managed by State Geodetic Administration (SGA) and local cadastral offices. Data is stored, maintained and disseminated via Joint Information System (JIS). Land use function is imposed by spatial planning, which is on state level in domain of Ministry of Physical Planning, Construction and State Assets. Their responsibilities include state-level regulations and provision of Physical Planning Information System (ISPU) in which some parts of spatial planning data are disseminated to users as well as functions to submit land development requests (e.g. building permit, location permit, etc.). Additionally, it is regulated by law that each LSG is required to develop spatial plans for its area and disseminate spatial planning information publicly via designated website. Spatial planning data consists of spatial plan map and textual part of spatial plan, which detailly describes zoning regulations. Land value function is in domain of Ministry of Physical Planning, Construction and State Assets as well. This data is collected and stored via Real Estate Market Information System, which is only accessible with authorization. However, some of the land value data is disseminated via ISPU as approximate value blocks.

It should be noted that same regulations apply to each cadastral municipality equally, as well as spatial plans and value blocks as they must be made in compliance with state laws. This means that the proposed methodology does not need to be examined at a country-level, but on the level of the LSG unit which can be later scaled to cover entire country. We propose this approach as it may potentially lead to pilot development.

For purposes of developing LADM profile according to proposed methodology following data sets are required: cadastral system data, spatial plans (map and textual part) and land value (land value blocks). One of the possible obstacles, when modeling area of one LSG unit is that the boundaries of cadastral municipalities do not always align with the borders of administrative units. This can potentially create challenges for spatial planning, property registration and coordination between administrative and land administration authorities. The identified authorities, registers and data sources are presented in Figure 4 below. Notably, this is only part of the Croatian LAS stakeholders required for the purposes of justifying the proposed methodology.

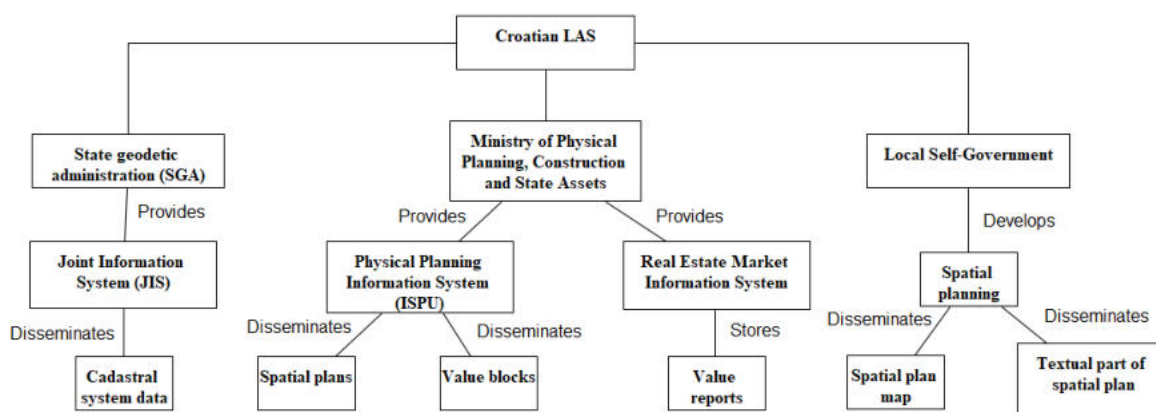


Figure 4. Overview of identified stakeholders, services and data.

Croatian LAS represents a heterogeneous system in which each set of LA data is governed by different authority. As per scenario modeling defined by UNECE (2021), Croatian LAS can be identified with three scenarios, namely conventional, as-a-service and platform LAS. Data is captured and updated in a controlled way, services and processes are regulated in detail and functions, operations, services and data are managed by public authorities. In case of some LAS data, private sector is involved in technical system development and maintenance through public-private partnership. Example of this partnership is JIS. Apart from being data dissemination service, JIS represents a form of platform LAS as well, since it includes functions for other professionals such as lawyers, banks, notaries and surveyors. The identified data sets are presented in Table 1 below.

Table 1. Identified data sets, formats and sources.

Data	Format	Source
Cadastral system data	GML	JIS (URL 1)
Spatial planning data	PDF	Local-Self Government website (URL 2)
Land value data	Shapefile	ISPU (URL 3)

For purposes of professional use, cadastral system data can be exported in GML format, however, via JIS it is not possible to retrieve data for entire municipalities. Such request must be directly submitted to SGA. The data includes every piece of information stored in cadastral system disaggregated into multiple GMLs. This includes points, boundaries, buildings, owners, registered land uses, etc.

Spatial planning data is usually available via official websites of LSG units. Additionally, spatial plans are available via ISPU, but can only be retrieved from official LSG websites. This may be one of the most challenging data sets, as both graphical and textual parts are provided in PDF format. This may require requesting data in digital format from designated authority which can sometimes be quite time consuming. In this paper the authors provide example of spatial planning data from Stari Grad on the island of Hvar, Croatia.

Land value data is represented by land value blocks. As per information provided in ISPU, the data is available in shapefile format, but cannot be retrieved directly from ISPU. In that format it is only available to land appraisers, real-estate agents and LSG officials and must be requested from the Ministry of Physical Planning, Construction and State Assets.

4. PHASE II: Modelling and matching

First edition of Croatian LADM country profile was developed by Vučić, Markovinović, and Mičević (2013). Since initial development, several adjustments have been made and attempts to expand the country's profile with elements of second LADM edition. Tomić et al. (2021) have modeled Valuation Information Model and Spatial Planning Information packages in context of Croatian LAS to test the applicability of LADM for purpose of effective mass valuation. Lisjak et al. (2021) have extended country profile with agricultural land management for purposes of managing state-owned agricultural land. Križanović and Roić (2023) have modeled some of the most common data dissemination processes in Croatian

LAS and matched process elements with existing LADM classes, but also identified which classes are missing from current version of LADM.

Mađer, Matijević, and Roić (2015) have explored possibilities of linking cadastre with other relevant registers, such as registers of non-natural and natural persons. Their findings have resulted in identification of major redundancies within the registers in Croatian LAS. Overall, the research regarding implementation of LADM in Croatian LAS is extensive and indeed proves the need for LADM adoption. However, now that the LADM II is becoming official and parts are being published (or in final form), it may be time for new development of Croatian's LADM country profile.

Since cadastral system data was modeled previously on case of Croatian LAS in Mađer, Matijević, and Roić (2015), this section will describe modeling of land use and land value data. The part of methodology concerning development of LADM country profile is also already known to LA experts, therefore it can be only stated that the model should be developed in accordance with LADM II models and adjusted to targeted jurisdiction.

Value blocks can be divided into three themes, namely, blocks for land value, apartments and buildings and lease prices (Figure 5.) Additionally, the land value blocks provide information for different time periods, and as can be observed in Figure 5, there are land value blocks for years 2020 to 2025 available for the area of Stari Grad, Hvar.

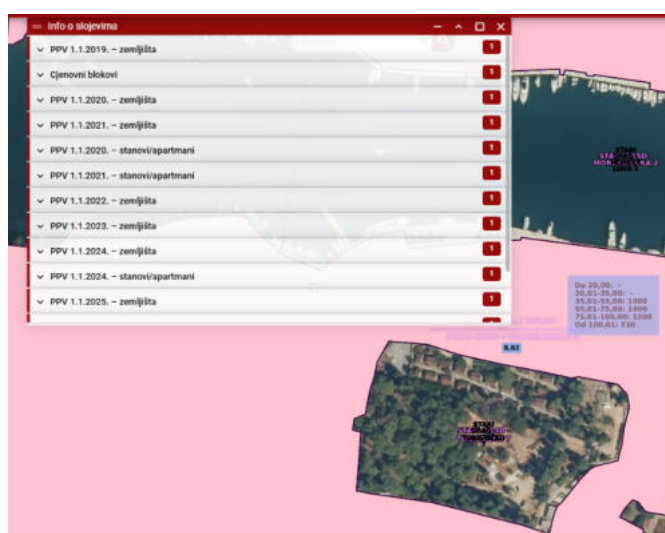


Figure 5. Part of land value blocks for Stari Grad, Hvar.

Value blocks for land have 29 attributes, blocks for apartments/buildings have 12 attributes, while blocks for lease are described with 5 attributes. Attributes for land value blocks are shown in Figure 6 and include combination of spatial planning attributes and attributes required by valuation system. These include name of the value block, administrative area, type of land, land category, current land use, planned land use, approximate values per square meter.

PPV 1.1.2024. – zemljišta	
Naziv cjenovnog bloka	STARI GRAD - GRADEVINSKO 1
Pretežita namjena	(GP) MJESOVITA NAMJENA
Koeficijent iskoristivosti (Prostorni plan)	
Administrativno područje	
Datum utvrđivanja PPV zemljišta	20240101
Vrsta zemljišta	Građevinsko zemljište (GZ)
Kategorija zemljišta	1.
Koeficijent iskoristivosti (uzor čestica)	0
Namjena zemljišta	S
Približne vrijednosti zemljišta (EUR/m2)	159

Figure 6. Part of land value blocks attributes.

As can be observed from the Figure 6, some of the attributes remain empty, and those are related to address register (e.g. administrative area) and spatial planning (e.g. coefficient for floor area ratio - FAR). It can be stated that this is one of the evidences for need of integrated LAS, as it would avoid empty attributes of land value blocks. But in regard of modeling land value data, this shouldn't be an issue as these attributes can be easily determined and matched with models from LADM. The real challenge could be in modeling spatial planning data.

Spatial planning data is indeed complex. The data includes zone plans, planned infrastructure plans, water bodies, areas of protection and textual descriptions of zone rules and other regulations. Figure 7 and Table 3 represent parts of spatial plan and textual descriptions of construction zone for Stari Grad, Hvar.

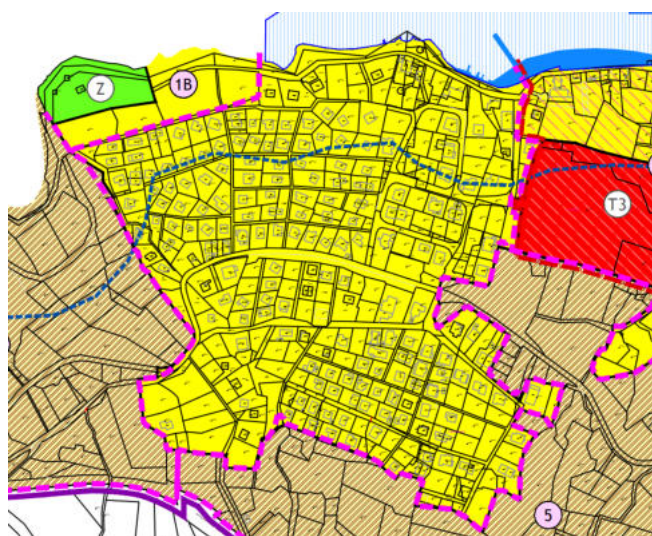


Figure 7. Part of spatial plan for Stari Grad, Hvar.

One of the first issues which arise from inspecting spatial planning data is the fact the colours are used to distinguish different planning zones and codes for their sub-zones. This means that as per this example, yellow colour is for residential zone, which further divides into sub-zones with different rules (e.g. 1B sub-zone in Figure 7), meaning that there are general rules for each planning zone and additional rules for sub-zones. Furthermore, textual part of spatial plans describes zone rules in detail providing their basic attributes. These attributes are

additionally constrained by other spatial units, such as cadastral parcels. Some of the rules and constraints for residential zone of Stari Grad, Hvar are presented in Table 2 below:

Table 2. Part of planning rules for residential zones.

Attribute	Condition	Value / Limit
Total utilization of building parcel (FAR)	For single-family buildings	1.0
Total utilization of building parcel (FAR)	For parcels > 800 m ²	Max 800 m ²
Site coverage ratio	Detached buildings	≤ 0.3
Site coverage ratio	Semi-detached buildings	≤ 0.35
Building parcel size	Detached buildings	500 m ² – 2000 m ²
Building parcel size	Semi-detached buildings	400 m ² – 1000 m ²

From Table 2, it can be observed that cadastral parcel area defines the type of building which can be built, as well as total utilization of cadastral (building) parcel. Given the complexity of spatial planning data, which includes spatial units (zones and sub-zones), their attributes (general rules and sub-zone-specific rules) and special constraints (factors from other functions), we propose a workflow shown in Figure 8 below.

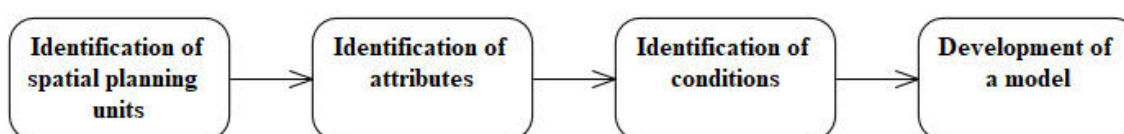


Figure 8. Modeling of spatial planning data.

This is different from modeling cadastral system and land value data because of imposed conditions which are truly diverse and depend on many factors contained within spatial planning domain as well as other domains such as cadastral system data (e.g. area of cadastral parcels). Lastly, another issue might arise with spatial planning data in case of Croatian LAS, which is related to availability of spatial planning data in electronic format. In cases when data is only available via PDF format, it could require complete digitization of spatial planning data prior to any further analysis or modeling.

5. PHASE III: Realization and examination of use cases

Third phase of the proposed methodology may be the most important one into adopting LADM for existing LASs. Usability and performance of the country profile can only be evaluated by its implementation. Kalogianni et al. (2021) propose two approaches, namely database implementation and data exchange format between systems. This part should really depend on technical capabilities of experts conducting the methodology or the most convenient available technology. In Croatian LAS majority of LA data is stored in databases, therefore; development of a prototype database is would be logical step after the modeling. The standardized database would be used to store real data in a standardized format. Additionally, the relations between different data sets would be established. This enables the examination and development of use cases. Use cases pose a very helpful tool to justify the adoption of standards such as LADM as it offers means of improving data organization by means of interoperability and integrity.

Generally, the LAS use cases can be split between those conducted by professionals and citizens. This paper will demonstrate how to improve two use cases in Croatian LAS with potential LADM data integration. The use cases are demonstrated on a conceptual level without too many details regarding steps and procedures.

For the purposes of use cases, the point of view is from a citizen user requiring LA related information for parcel of interest. Both of the presented process use cases are carried out without any professional knowledge or help, only by utilizing existing services and data sources. The first use case (Figure 9) describes activities of a LAS User, who is utilizing LA services to obtain spatial planning information for certain cadastral parcel of interest. As was identified in Phase I, cadastral system data is provided by SGA via cadastral system data service, the JIS. Spatial planning data is provided by LSG via official website. Activities include accessing data services, locating cadastral parcel of interest, identification of planning zone, examination of zone regulations and then finally summary of collected data. The second use case (Figure 10) describes activities of a LAS User who is interested in finding approximate values for cadastral parcels in area of interest. The activities again include accessing data services, locating cadastral parcel of interest, identification of value blocks, examination of value block attributes and then finally summary of collected data.

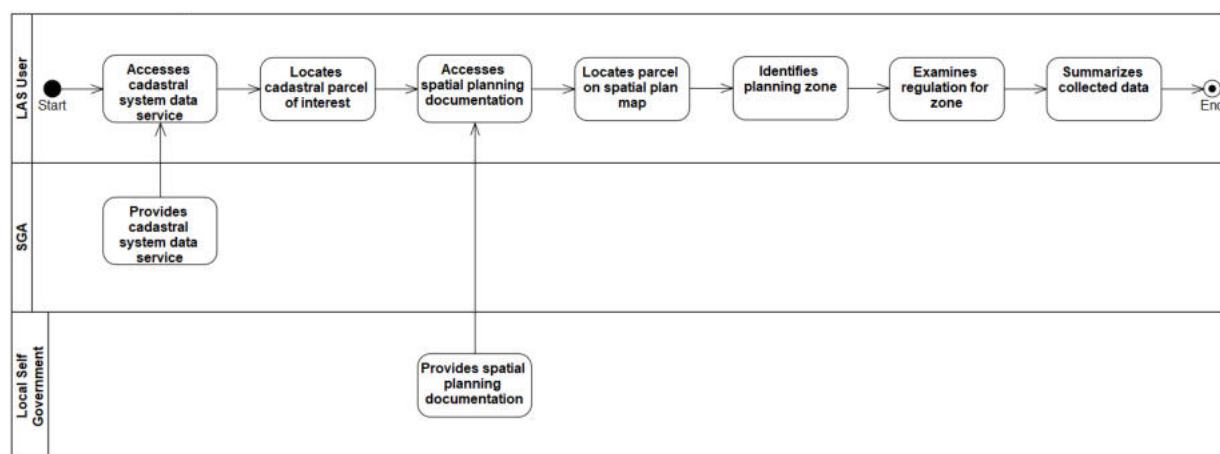


Figure 9. Use Case 1: Retrieval of spatial planning data.

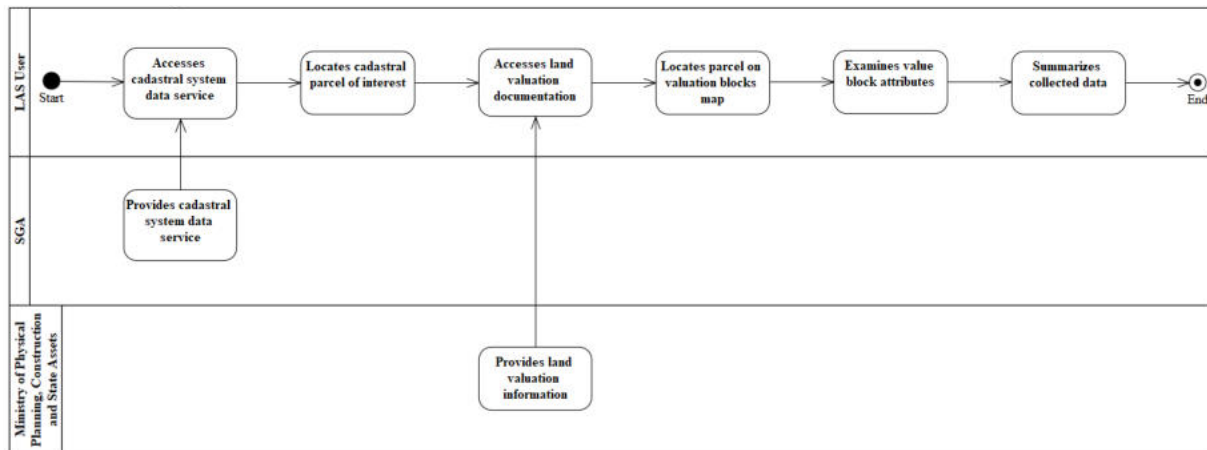


Figure 10. Use Case 2: retrieval of land valuation data.

Figures 9 and 10 depict simplified use cases of LAS User retrieving data from different LA functions, namely land use and land value. These are one of the most common use cases for LA data dissemination in Croatian LAS.

As it can be observed, the majority of activities is conducted on the User's side of the process. For non-professional users this may be very difficult and potentially lead to discourage into using LA services and data. Of course, professional users can do these processes quickly as they possess domain knowledge and know-how with LA data. In order to improve the overall service quality and enable optimized use of LA data for all kind of users, integration, optimization and automation are necessary.

Figure 11 presents a conceptual use case, which utilizes both previously described processes, but the environment is set in interoperable, standardized LAS. The authorities provide services to central service which is accessed by User. In this scenario, the activities related to determining parcel-related data are conducted automatically by the central service. This minimizes the interpretational errors and requires no prior knowledge by the user except the knowledge of existing service and means to identify area of interest. As can be observed from Figure 11, the majority of activities now fall under the services, leading to fully automated execution of data dissemination processes.

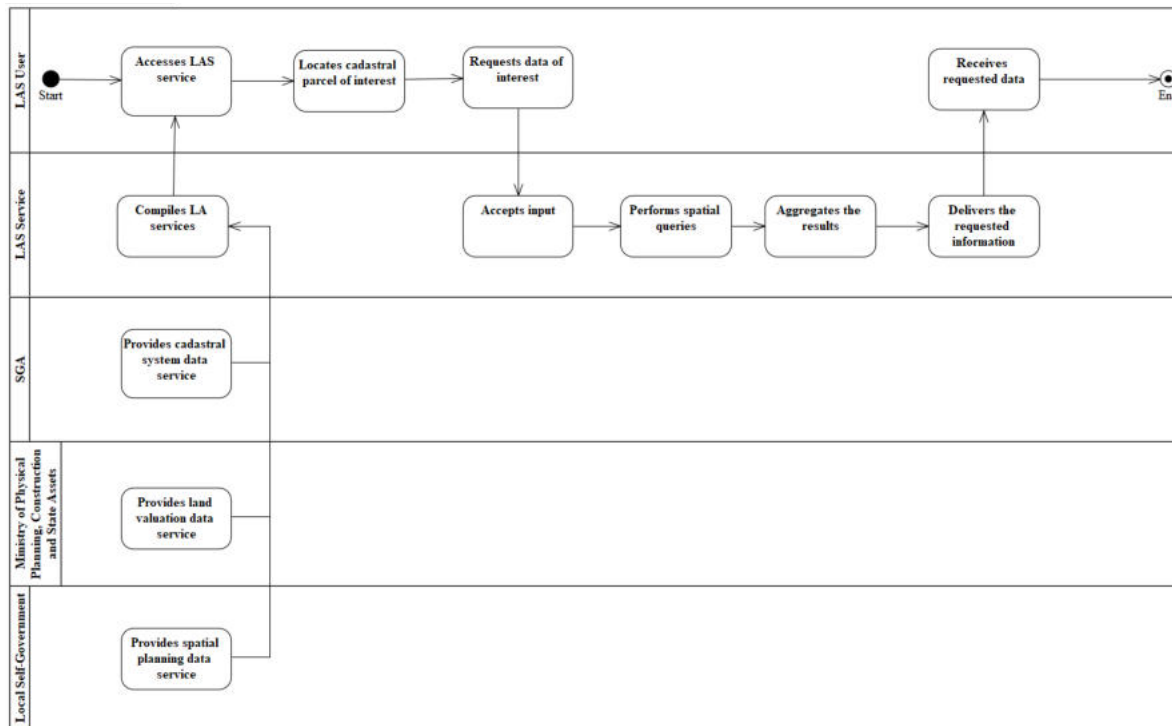


Figure 11. Improved state of the examined use cases.

6. Discussion and future work recommendations

Implementing LADM into existing LASs is most likely going to be a complex task for all LA stakeholders. Complex data organization, procedures, regulations and autonomy of institutions may be more challenging obstacle to LADM adoption than developments of country profiles and new data models. This paper presents and analyzes practical approach to implementing LADM into existing LAS. The paper examines different parts of Croatian LAS through three phases of the proposed methodology.

It is evident that spatial planning data may be the most challenging to model and implement in an interoperable standardized environment. Furthermore, the approach to develop implementation models for LSG administrative unit may be endangered by fact that in some cases cadastral municipalities do not align with area of just one LSG unit. Additionally, from the examined use-cases, it is also very clear that processes can be improved and optimized for benefits of both professional and non-professional users. While majority of research papers dealt with developments of models rather than implementation aspects, this area is yet to be explored. Recently, it was announced that Part 6 of LADM, which deals with Implementation aspects, is to be developed in partnership with OGC (Kara et al. 2024; Unger et al. 2023). This may encourage more experts from private sector to get involved in LADM development since OGC is known to have good expertise into developing practical standards for geospatial domain. The presented methodology may be observed as a mean to “sell” the standard to the authorities. This might be possible with identification of differences and similarities between existing and proposed LADM model. Moreover, the development of highly relevant use cases could be optimal solution to further boost the need for adoption of new technology presented

by LADM and improve overall LAS services. Some other recommendations should be considered as well. Best practices for spatial data on web offer good starting points in developing modern LASs (URL 4) and should be utilized when developing new implementation models. Implementation of other standards shouldn't be neglected as well, especially because LADM could be linked with or benefit from other domain-relevant standards. Future work should begin with collection of LA data from authorities and modeling. Finally, it can be expected that a detailed analysis of the existing state of LAS will additionally reveal the need for the implementation of LADM.

REFERENCES

- Ahlemann, Frederik, Sven Dittes, Tim Fillbrunn, Kevin Rehring, Stefan Reining, and Nils Urbach. 2023. "Managing In-Company IT Standardization: A Design Theory." *Information Systems Frontiers* 25(3): 1161–78. doi:10.1007/s10796-022-10277-2.
- Chikofsky, E.J., and J.H. Cross. 1990. "Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy." *IEEE Software* 7(1): 13–17. doi:10.1109/52.43044.
- Enemark, Stig. 2006. "The Land Management Paradigm for Institutional Development." In *Sustainability and Land Administration Systems: Proceedings of the Expert Group Meeting on Incorporating Sustainable Development Objectives into ICT Enabled Land Administration Systems*, 17–29.
- FIG. 2022. FIG Publication NO 78: Geospatial Data in the 2020s Transformative Power and Pathways to Sustainability. Copenhagen, Denmark: FIG.
- Kalantari, M., Rajabifard, A., Wallace, J., Williamson, I.P., 2006. A New Vision on Cadastral Data Model, in: *Shaping the Change XXIII FIG Congress*. International Federation of Surveyors.
- Kalantari, Mohsen, Kenneth Dinsmore, Jill Urban-Karr, and Abbas Rajabifard. 2015. "A Roadmap to Adopt the Land Administration Domain Model in Cadastral Information Systems." *Land Use Policy* 49: 552–64. doi:10.1016/j.landusepol.2014.12.019.
- Kalogianni, Eftychia, Karel Janečka, Mohsen Kalantari, Efi Dimopoulou, Jarosław Bydłosz, Aleksandra Radulović, Nikola Vučić, et al. 2021. "Methodology for the Development of LADM Country Profiles." *Land Use Policy* 105: 105380. doi:10.1016/j.landusepol.2021.105380.
- Kalogianni, Eftychia, Peter van Oosterom, Efi Dimopoulou, and Christiaan Lemmen. 2020. "3D Land Administration: A Review and a Future Vision in the Context of the Spatial Development Lifecycle." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9(2): 107. doi:10.3390/ijgi9020107.
- Kara, Abdullah, Christiaan Lemmen, Peter Van Oosterom, Eftychia Kalogianni, Abdullah Alattas, and Agung Indrajit. 2024. "Design of the New Structure and Capabilities of LADM

Josip Križanović, Doris Pivac, Hrvoje Tomić and Miodrag Roić
Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Edition II Including 3D Aspects.” Land Use Policy 137: 107003.
doi:10.1016/j.landusepol.2023.107003.

Križanović, Josip, and Miodrag Roić. 2023. “Modeling Land Administration Data Dissemination Processes: A Case Study in Croatia.” ISPRS International Journal of Geo-Information 12(1): 20. doi:10.3390/ijgi12010020.

Lisjak, Josip, Miodrag Roić, Hrvoje Tomić, and Siniša Mastelić Ivić. 2021. “Croatian LADM Profile Extension for State-Owned Agricultural Land Management.” Land 10(2): 222. doi:10.3390/land10020222.

Mader, Mario, Hrvoje Matijević, and Miodrag Roić. 2015. “Analysis of Possibilities for Linking Land Registers and Other Official Registers in the Republic of Croatia Based on LADM.” Land Use Policy 49: 606–16. doi:10.1016/j.landusepol.2014.10.025.

van Oosterom, Peter, and Christiaan Lemmen. 2015. “The Land Administration Domain Model (LADM): Motivation, Standardisation, Application and Further Development.” Land Use Policy 49: 527–34. doi:10.1016/j.landusepol.2015.09.032.

Simonis, Ingo. 2019. “OGC Standardization: From Early Ideas to Adopted Standards.” In IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Yokohama, Japan: IEEE, 4511–14. doi:10.1109/IGARSS.2019.8899858.

Tomić, Hrvoje, Siniša Mastelić Ivić, Miodrag Roić, and Josip Šiško. 2021. “Developing an Efficient Property Valuation System Using the LADM Valuation Information Model: A Croatian Case Study.” Land Use Policy 104: 105368. doi:10.1016/j.landusepol.2021.105368.

UNECE. 2021. Scenario Study on Future Land Administration in the UNECE Region. United Nations.

Unger, Eva-Maria, Peter van Oosterom, Abdullah Kara, Scott Simmons, and Christiaan Lemmen. 2023. “Land Administration Domain Model OGC Standards Working Group.” In 11th International Workshop on the Land Administration Domain Model and 3D Land Administration, Gävle, Sweden: FIG.

Van De Kaa, Geerten. 2023. “Standards Adoption: A Comprehensive Multidisciplinary Review.” *Heliyon* 9(8): e19203. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e19203.

Vučić, Nikola, Danko Markovinović, and Blaženka Mičević. 2013. “LADM in the Republic of Croatia - Making and Testing Country Profile.” In Proceedings of 5th Land Administration Domain Model, 24-25 September, 2013, Kuala Lumpur, Malaysia: FIG.

URL1: Joint Information System: <https://oss.uredjenazemlja.hr/> (accessed 25.9.2025.)

URL2: Local Self-Government website of Stari Grad, Hvar: <https://stari-grad.hr/ppugsg> (accessed 25.9.2025.)

Josip Križanović, Doris Pivac, Hrvoje Tomić and Miodrag Roić
Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

URL3: Physical planning information system: <https://ispu.mgipu.hr/> (accessed 25.9.2025.)

URL4: Spatial Data on Web Best Practices: <https://w3c.github.io/sdw/bp/> (accessed 27.9.2025.)

BIOGRAPHICAL NOTES

Josip Križanović graduated from the University of Zagreb Faculty of Geodesy in 2017 with his diploma thesis Land Reallocation Based on User Preferences in Land Consolidation. He received a PhD from the University of Zagreb Faculty of Geodesy in 2023 with doctoral thesis Modelling Land Administration System Data Dissemination Processes. Since 2025, he has been employed at the University of Zagreb Faculty of Geodesy as Assistant Professor on Chair of Spatial Information Management. His main research interests are land administration, modeling of land administration processes and LADM.

Doris Pivac graduated from the University of Zagreb, Faculty of Geodesy in 2014 with her diploma thesis GIS of Rivers of Croatia. She received a PhD from the University of Zagreb Faculty of Geodesy in 2022 with doctoral thesis Developing a model for improvement of the metadata availability on the cadastre establishment. Since 2023 she has been employed as Senior University Assistant on Chair of Spatial Information Management at the University of Zagreb Faculty of Geodesy. Her main research interests are cadastral systems, metadata standards and modelling of archival data documents regarding cadastral systems.

Hrvoje Tomić graduated with a degree in Geodesy from the University of Zagreb, Faculty of Geodesy. In 2010 he received a PhD from the University of Zagreb, Faculty of Geodesy with doctoral thesis Geospatial Data Analysis in Purpose of Real Estate Valuation in Urban Areas. He is currently working as an Associate Professor at the University of Zagreb Faculty of Geodesy on Chair of Spatial Information Management. His main research interests are land management, land consolidation, green infrastructure and land valuation.

Miodrag Roić graduated with a degree in Geodesy from the University of Zagreb, Faculty of Geodesy. In 1994 he received a PhD from the Technical University Vienna. Since 1996, he has been a professor at the University of Zagreb, Faculty of Geodesy. He was Dean of the Faculty during the period spanning 2011-2015. The topics in which he specializes are Cadastre, Land Administration Systems, Engineering Geodesy and Geoinformatics. He is a corresponding member of the German Geodetic Commission (DGK), and many other national and international scientific and professional institutions.

CONTACTS

Josip Križanović

University of Zagreb Faculty of Geodesy
Kačićeva 26

Josip Križanović, Doris Pivac, Hrvoje Tomić and Miodrag Roić
Designing Future Land Administration Systems: A Practical Approach

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

HR-10000 Zagreb
CROATIA
E-mail: josip.krizanovic@geof.unizg.hr
Website: <https://www.geof.unizg.hr/en/djelatnici/josip-krizanovic/>

Doris Pivac

University of Zagreb Faculty of Geodesy
Kačićeva 26
HR-10000 Zagreb
CROATIA
E-mail: doris.pivac@geof.unizg.hr
Website: <https://www.geof.unizg.hr/en/djelatnici/doris-pivac/>

Hrvoje Tomić

University of Zagreb Faculty of Geodesy
Kačićeva 26
HR-10000 Zagreb
CROATIA
E-mail: hrvoje.tomic@geof.unizg.hr
Website: <https://www.geof.unizg.hr/en/djelatnici/hrvoje-tomic/>

Miodrag Roić

University of Zagreb Faculty of Geodesy
Kačićeva 26
HR-10000 Zagreb
CROATIA
E-mail: miodrag.roic@geof.unizg.hr
Website: <https://www.geof.unizg.hr/en/djelatnici/miodrag-roic/>

Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

Camila da SILVA, André Felipe BOZIO, and Guilherme Boeing OURIQUES Brazil

Key words: Multipurpose Land Registry, Spatial Data Infrastructure, Requirements Analysis

SUMMARY

This paper reports the experience of the municipality of Brusque (Santa Catarina, Brazil) in conducting the requirements analysis phase for the implementation of the Multipurpose Territorial Registry (Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM). The objective was to outline the methodological path from the planning meetings to the execution of the intersectoral dynamics and initial training on the new GIS platform.

Conducted in 2022, the initiative involved key municipal departments responsible for territorial management, such as urban planning, environmental control, and infrastructure. The experience included the identification and classification of existing spatial data, conceptual alignment through theoretical training on CTM, collaborative definition of responsibilities for thematic layers, and hands-on familiarization with a new geospatial system.

The results of this process were significant. It enabled the integration of more than 25 thematic registries, regular geometric updates (over 4,000 per year), and the launch of the public portal portalgeo.brusque.sc.gov.br, which has issued over 90,000 free urban feasibility reports. The municipality also established a permanent training program for civil servants on CTM concepts, spatial databases, and GIS tools.

This case reinforces the strategic role of structured requirements analysis as a foundation for building a solid and collaborative CTM. It also provides guidance for other municipalities seeking to implement an integrated, interoperable, and sustainable land information system.

RESUMO

Este artigo relata a experiência do município de Brusque (Santa Catarina, Brasil) na condução da etapa de análise de requisitos para a implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM). O objetivo foi delinear o percurso metodológico desde as reuniões de planejamento até a realização da dinâmica intersectorial e da capacitação inicial na nova plataforma de geoprocessamento.

Realizada em 2022, a iniciativa envolveu órgãos estratégicos da gestão territorial municipal, como planejamento urbano, controle ambiental e infraestrutura. A experiência contemplou o

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

levantamento e a classificação das classes espaciais existentes, o nivelamento conceitual por meio de formação teórica sobre o CTM, a definição colaborativa de responsabilidades sobre os dados geográficos e o treinamento prático em um novo sistema SIG.

Os resultados foram significativos. A partir desse processo, consolidaram-se mais de 25 cadastros temáticos integrados, com atualizações geométricas frequentes (mais de 4 mil por ano) e o lançamento do portal público portalgeo.brusque.sc.gov.br, com mais de 90 mil emissões gratuitas de consultas de viabilidade urbana. Também foi instituído um programa permanente de capacitação dos servidores sobre conceitos do CTM, estrutura de bancos de dados geoespaciais e uso de ferramentas SIG.

O caso reforça o papel estratégico da análise de requisitos como base para a constituição de um CTM sólido e colaborativo, servindo como referência para outras prefeituras que buscam implementar um sistema de informações territoriais integrado, interoperável e sustentável.

Palavras-chave: Cadastro Territorial Multifinalitário, Infraestrutura de Dados Espaciais, Análise de Requisitos

Análise de Requisitos Para O Cadastro Territorial Multifinalitário: Relato De Experiência No Município De Brusque (Sc)

Camila da SILVA, André Felipe BOZIO, and Guilherme Boeing OURIQUES Brazil

1. INTRODUÇÃO

O Cadastro Territorial pode ser compreendido como um sistema de informações territoriais estruturado a partir da parcela — unidade contínua da superfície terrestre submetida a um regime jurídico único (AMORIM, PELEGRINA e JULIÃO, 2018). Embora tradicionalmente vinculado a finalidades fiscais, como avaliações e tributações, seu escopo multifinalitário abrange dimensões administrativas (planejamento e controle do uso do solo), legais (transferências e certidões) e informacionais, ao disponibilizar dados fundamentais para o desenvolvimento sustentável do território (FIG, 1995; BRASIL, 2022; PELEGRINA e NETO, 2011).

A evolução das concepções de cadastro, conforme Piumenta e Erba (2012), indica que o planejamento urbano representa a quarta etapa de sua transformação, incorporando o ordenamento territorial como eixo articulador de políticas urbanísticas, ambientais e sociais. No entanto, a ausência de dados georreferenciados compromete o planejamento urbano e o controle do crescimento das cidades — justamente funções centrais que o cadastro deve atender (LEITE, VELOSO e REIS, 2022). Assim, torna-se essencial que os diversos órgãos públicos estabeleçam suas competências de maneira clara e coordenada, assegurando o uso efetivo das informações geoespaciais na tomada de decisão.

A quinta etapa da evolução cadastral, conforme os mesmos autores, está pautada pela modernização tecnológica. A incorporação de geotecnologias transforma os cadastros em sistemas mais dinâmicos, substituindo processos analógicos e restritos a dados fiscais por estruturas integradas e acessíveis, com potencial de orientar políticas públicas e serviços urbanos. Nesse cenário, as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) emergem como ferramentas organizacionais cruciais para a disponibilização eficiente de dados cadastrais (AMORIM, PELEGRINA e JULIÃO, 2018).

A construção de um banco de dados voltado a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) exige, como etapa inicial, a identificação das entidades territoriais a serem representadas, bem como sua organização conceitual. Tal estrutura forma uma ontologia de aplicação — um conjunto de conceitos partilhados por uma comunidade (GRUBER, 1995). A esta etapa denomina-se análise de requisitos.

A análise de requisitos constitui uma fase intensiva e decisiva do ciclo de vida de bancos de dados aplicados ao CTM, exigindo interação direta com os usuários para mapear demandas, definir informações essenciais e prever as transações a serem realizadas (TEOREY et al., 2014). Essas atividades são frequentemente desenvolvidas de maneira simultânea e demandam articulação metodológica precisa.

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Recorte e Características Urbanas do Município de Brusque

Figura 1. Localização da área de estudo (Brusque, SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Historicamente, a economia local esteve fortemente vinculada à indústria têxtil, setor dominante até o final dos anos 1980. Atualmente, embora a indústria têxtil e fabril mantenha relevância, observa-se a ampliação das atividades nos segmentos metal-mecânico e da construção civil, além de uma crescente dinâmica imobiliária (SEBRAE, 2020).

A configuração urbana do município foi fortemente influenciada por sua colonização germânica, expressa no traçado ortogonal do centro e na valorização simbólica de elementos religiosos como igrejas católicas e luteranas. A partir da década de 1970, com a intensificação da política urbana rodoviarista, ocorreu a consolidação de eixos viários estruturantes e o adensamento das áreas centrais, moldando a atual forma urbana da cidade.

Entretanto, o crescimento urbano de Brusque revelou contradições típicas do processo de urbanização brasileiro, como a expansão desordenada, a carência de infraestrutura em áreas periféricas, e o aumento de parcelamentos irregulares do solo, gerando pressão sobre os recursos públicos. Tais processos, somados às fragilidades ambientais locais — evidenciadas por enchentes, enxurradas e deslizamentos de terra —, produziram uma paisagem urbana marcada por conflitos socioambientais, mobilidade limitada e crescente segregação socioespacial.

A urbanização de áreas distantes do centro acentuou a demanda por infraestrutura urbana, frequentemente subutilizada, ao passo que a cultura de mobilidade ativa (como deslocamentos a pé ou por bicicleta) tornou-se inibida. Como resultado, a cidade enfrenta desafios típicos do urbanismo contemporâneo, como baixa atratividade dos espaços públicos, falta de articulação entre bairros e uso excessivo do solo por estacionamentos e vias para automóveis.

2.2 O geoprocessamento e a análise de requisitos no município de Brusque

Em 2022, o município de Brusque vivenciou um marco significativo no processo de modernização da sua gestão territorial, ao realizar a etapa de análise de requisitos voltada à implantação de um Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM). Essa iniciativa partiu da constatação de que, embora houvesse uma expressiva quantidade de dados georreferenciados sobre o território municipal, esses dados eram produzidos de forma fragmentada, sem padronização e com baixa comunicação entre os setores da administração pública.

A base técnica para esse avanço foi construída ao longo de uma década, desde a contratação, em 2012, de serviços financiados pelo Programa de Modernização da Administração Tributária (PMAT). Entre os principais produtos desse programa destacam-se duas ortofotos, datadas de 2015 e 2022, que forneceram suporte cartográfico fundamental à proposta de integração dos dados territoriais.

Como complemento a essas ações, foi implementada, também em 2022, uma plataforma web de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A nova ferramenta passou a oferecer diferentes níveis de edição, visualização, compartilhamento e restrição de informações geoespaciais,

com o objetivo de apoiar tanto as análises técnicas quanto a tomada de decisão nos diversos setores da prefeitura.

Para gerenciar essa estrutura, foi criado o setor GEOBRUSQUE, vinculado à Secretaria da Fazenda. Esse setor assumiu a responsabilidade pela governança dos dados espaciais, reunindo profissionais de diferentes formações, incluindo servidores da própria Fazenda, arquitetos e urbanistas do Instituto de Planejamento Urbano (IBPLAN), além de técnicos da Secretaria de Infraestrutura Estratégica (SIE). Essa composição multidisciplinar permitiu à equipe alinhar terminologias, práticas e rotinas operacionais, favorecendo uma abordagem mais integrada e intersetorial.

A Figura 2 apresenta os procedimentos realizados para a realização das análises de requisitos.

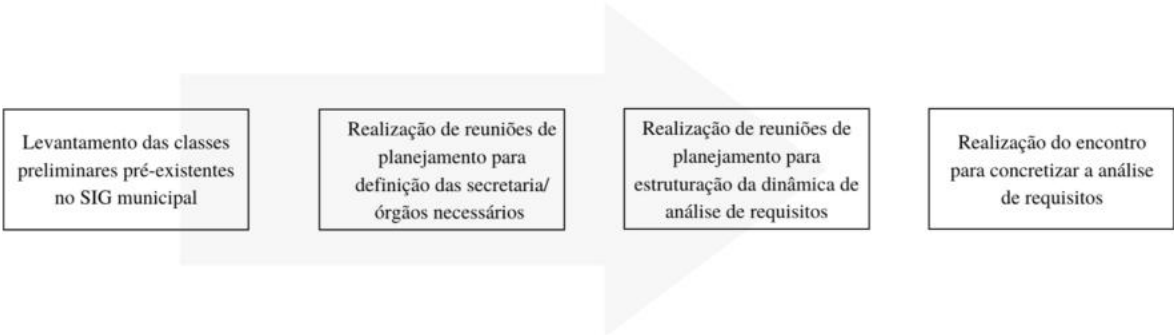


Figura 2. Procedimentos realizados para a realização das análises de requisitos.

A primeira etapa da análise de requisitos consistiu no levantamento das temáticas já trabalhadas no Sistema de Informações Geográficas (SIG) vigente. Para isso, a equipe técnica utilizou o software QGIS como ferramenta de triagem, identificando e organizando as classes geoespacializadas produzidas pelos diversos setores públicos. Com base nesse levantamento, estabeleceu-se um rol de cadastros temáticos representativos da realidade territorial municipal.

Quadro 1. Objetos geográficos pré-existent no SIG atual

CLASSES			
ESTÁTICAS		DINÂMICAS	
Cota de enchente	Ortofoto	Logradouros	Obras Projetadas
Curva de nível	Declividade	Lotes	Sinalização de Trânsito
Gasoduto		Edificação	Áreas Públicas
Hidrografia		Área de Risco	Áreas Verdes
Linha de transmissão -CELESC		Faixa Sanitária	Áreas Irregulares
Linha de transmissão -Eletrosul		APP	Loteamento
Território Brusque		Patrimônio Histórico	Condomínios
Torres de telecomunicação		Pontes	
Zoneamento		Praças Públicas	
Helipontos		Cadastro Econômico	

Conforme os conceitos propostos por Cougo (1997), esses cadastros correspondem a objetos do mundo real, ou seja, entidades espaciais que representam fenômenos físicos concretos. Essa abordagem é corroborada por Ramos, Câmara e Monteiro (2007), ao destacarem a importância de estruturar os dados geográficos a partir da representação dos fenômenos

observáveis no território. O Quadro 1 apresenta a listagem desses objetos geográficos pré-existentes no SIG de Brusque.

Com base nessas informações, a equipe técnica definiu uma estrutura classificatória preliminar, segmentando os dados em duas grandes categorias: Classes Estáticas e Classes Dinâmicas.

As **Classes Estáticas** são aquelas cuja constituição, atualização ou representação estão associadas a critérios específicos, como:

- a) Legislação específica: dados formalizados por meio de dispositivos legais, como leis ordinárias, complementares, decretos e resoluções;
- b) Dado histórico: informações estruturadas a partir de séries temporais, como ortofotocartas;
- c) Dado externo: dados provenientes de instituições que não integram a administração municipal, como órgãos estaduais ou federais.

Já as **Classes Dinâmicas** referem-se àquela cuja atualização contínua e gestão direta são de responsabilidade dos órgãos municipais.

Com essa base conceitual estruturada, a equipe técnica avançou para a definição de estratégias que envolvessem tanto a disponibilização da plataforma SIG quanto a capacitação dos servidores. Além disso, delineou-se a organização da oficina de análise de requisitos, com o objetivo de iniciar o processo de implantação intersetorial junto a demais setores, secretarias e autarquias municipais.

Considerando que as informações em questão dizem respeito à gestão do território, optou-se por adotar como referência o pacote RRR (Rights, Responsibilities and Restrictions) do Land Administration Domain Model (LADM) — modelo conceitual internacionalmente reconhecido, compilado na ISO 19152:2012. A partir dessa base, definiu-se que os primeiros órgãos a compor a experiência seriam aqueles com competências diretas na produção, gestão e disponibilização de informações territoriais. Foram selecionados:

- a) IBPLAN (Instituto Brusquense de Planejamento): criado pela Lei Complementar Municipal nº 144/2009 (BRUSQUE, 2009), possui competências como análise de parcelamento do solo, uso e ocupação do território, controle urbanístico, planejamento urbano e gerenciamento de vias públicas;
- b) FUNDEMA (Fundação Municipal do Meio Ambiente): instituída pela Lei Ordinária Municipal nº 2601/2002 (BRUSQUE, 2002), é o órgão responsável pela análise do uso e ocupação do solo sob a ótica da legislação ambiental;
- c) SIE (Secretaria de Infraestrutura Estratégica): criada pela Lei Complementar Municipal nº 322/2020 (BRUSQUE, 2020), responde por projetos e gestão das infraestruturas urbanas, financiamentos públicos e formulação de projetos estratégicos.

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Cabe destacar que a escolha desses três setores configurou-se como uma etapa preliminar e experimental, com o intuito de reunir órgãos considerados estratégicos e complementares, capazes de promover uma gestão territorial integrada e eficiente.

Para viabilizar a realização da oficina, estabeleceu-se uma parceria institucional entre a Prefeitura Municipal de Brusque e o Centro Universitário de Brusque (UNIFEBS), que cedeu o Laboratório de Informática do seu campus, localizado no bairro Santa Terezinha, como espaço físico para a reunião formativa.

Considerando a capacidade da sala, a participação foi limitada a 16 servidores representantes dos três órgãos, além de três membros da equipe técnica responsável pela condução do projeto. Durante o planejamento da oficina, foram definidos o escopo temático, a metodologia a ser empregada nas dinâmicas e os objetivos centrais do encontro.

O escopo da reunião foi estruturado a partir de um roteiro introdutório contendo:

- (1) breve conceituação sobre o CTM e suas potencialidades,
- (2) panorama dos desafios da gestão colaborativa de dados geoespaciais, e
- (3) histórico do geoprocessamento no município, destacando seus principais aspectos técnicos e operacionais.

Com o intuito de nivelar os participantes, foi utilizada uma apresentação em vídeo do Portal Capacidades, intitulada Cadastro Territorial Multifinalitário: Estruturação e Relações Institucionais. O material demonstrou a relevância do CTM para a gestão territorial, evidenciando sua contribuição direta para o financiamento urbano e para a formulação de políticas públicas voltadas ao uso do solo. Esta etapa foi fundamental para contextualizar os participantes da reunião sobre os andamentos dos trabalhos de geoespacialização de dados, de forma a situar os técnicos sobre o panorama da época.

Finalizada a etapa expositiva, passou-se à execução da dinâmica colaborativa, conforme delineamento metodológico previamente estabelecido:

- a) Divisão dos participantes em grupos, correspondendo aos três órgãos (IBPLAN, FUNDEMA e SIE);
- b) Apresentação das classes geoespaciais existentes no SIG, conforme o Quadro 1 e a Figura 3;
- c) Distribuição de post-its e canetas coloridas para que os participantes, em grupo, classifikassem cada classe conforme três categorias:
 - “meu órgão utiliza este dado”;
 - “meu órgão edita/altera este dado”;
 - “meu órgão não utiliza este dado”.

Após as discussões em grupo, os post-its preenchidos foram recolhidos pela equipe gestora e organizados visualmente em um quadro de síntese, representado na Figura 4. Esse quadro

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

permitiu visualizar, de forma prática, as sobreposições de uso entre os setores, bem como as lacunas e disputas potenciais sobre a responsabilidade pela gestão dos dados.



Figura 3. Exposição das classes pré-existent no SIG atual
Fonte: os autores (2022).



Figura 4. Resultado das divisões de classes e suas responsabilidades para cada órgão
Fonte: os autores (2022).

Concluída a dinâmica, foi promovido um debate aberto entre os participantes, no qual se discutiram os significados conceituais das classes, os impactos administrativos da definição de competências e os desafios na consolidação de uma política de dados geoespaciais

verdadeiramente integrada. Este momento revelou-se especialmente relevante para a construção de consensos e o fortalecimento da articulação intersetorial.

Por fim, no período vespertino, a equipe gestora conduziu um treinamento introdutório do novo sistema SIG, que está em fase de implementação e substituirá gradativamente o software QGIS no âmbito da administração municipal. Essa etapa teve como objetivo principal familiarizar os participantes com a nova interface da plataforma, destacando suas funcionalidades, facilidades operacionais e vantagens em relação ao sistema anterior.

Durante o treinamento, foram apresentadas as ferramentas de edição, visualização e compartilhamento de camadas, especialmente aquelas que dizem respeito às competências específicas de cada órgão envolvido. Além de permitir uma introdução técnica ao sistema, essa atividade também buscou estimular o engajamento dos técnicos e fortalecer a colaboração intersetorial, evidenciando os ganhos operacionais que a nova tecnologia pode oferecer às rotinas de trabalho.

Em síntese, a análise de requisitos realizada em 2022 foi estruturada em três momentos distintos, porém complementares:

- (1) as reuniões preparatórias, voltadas à identificação e organização das classes geoespaciais existentes e à definição dos objetivos e metas da análise;
- (2) a etapa formativa, centrada na conceituação do CTM e na realização da dinâmica colaborativa de classificação e atribuição de responsabilidades sobre as camadas temáticas;
- (3) o treinamento básico no novo sistema SIG, voltado à capacitação inicial dos técnicos e à demonstração prática das potencialidades da plataforma para a gestão integrada de dados geográficos.

Esse processo não apenas permitiu o nivelamento conceitual entre os setores, como também fomentou uma cultura de cooperação técnica que se mostra fundamental para a consolidação do Cadastro Territorial Multifinalitário em âmbito municipal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A experiência desenvolvida ao longo do processo de análise de requisitos evidenciou, desde as reuniões preparatórias até a execução da dinâmica, a importância de um nivelamento teórico prévio sobre o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM). Tanto nas etapas anteriores quanto durante o encontro presencial com os representantes das secretarias envolvidas, foram empreendidos esforços significativos no sentido de proporcionar à equipe participante uma base conceitual sólida. Essa fundamentação visou garantir uma compreensão adequada das etapas da oficina e, especialmente, dos objetivos vinculados à própria análise de requisitos.

Conforme ressaltado por Cougo (1997), essa fase inicial se mostra essencial para ampliar a visão dos participantes sobre o escopo e a estrutura do banco de dados a ser implementado. A atividade permitiu a identificação e o detalhamento das classes consideradas essenciais, bem como a verificação, pelos próprios participantes, da existência e disponibilidade dos recursos

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

técnicos acumulados pela administração municipal por meio dos trabalhos anteriores em geoprocessamento.

A constituição de um Cadastro Territorial Multifinalitário como base única de dados para os diversos setores da administração exige mais do que infraestrutura tecnológica; requer também a apropriação conceitual por parte dos agentes envolvidos. Nesse sentido, o fornecimento de embasamento teórico revelou-se um requisito indispensável para que os participantes compreendessem o modelo de gestão territorial almejado e estivessem preparados para atuar como multiplicadores desse conhecimento em seus respectivos setores.

Observou-se que, no cenário municipal, as ações relacionadas à produção e uso de dados geoespaciais costumam ser conduzidas de forma setorial e isolada, o que dificulta a comunicação entre as diferentes secretarias. A experiência da análise de requisitos, ao promover o encontro entre setores estratégicos (IBPLAN, FUNDEMA e SIE), demonstrou-se eficaz na superação desses silos institucionais. O processo favoreceu uma integração intersetorial sinérgica, sustentada por debates abertos, colaborativos e horizontalizados, fortalecendo a ideia de uma gestão territorial compartilhada.

Outro ponto de destaque do processo foi a constatação da necessidade de formação específica para os técnicos que liderarão projetos de integração setorial a partir da estruturação do CTM. Essa necessidade decorre da complexidade dos aspectos técnicos envolvidos, como a modelagem conceitual de banco de dados, a padronização de informações, a interoperabilidade entre sistemas, os conceitos de representação de dados geográficos, além de dicionários de dados e domínios. A experiência mostrou que o domínio teórico dessas temáticas, aliado a uma prática contínua, forneceu subsídios concretos à equipe gestora na organização e condução da oficina, considerando a diversidade de formações, funções e hierarquias entre os participantes.

Nesse contexto, ressaltou-se ainda a importância de nivelar os conhecimentos sobre Banco de Dados Geográficos entre os profissionais envolvidos na análise, incluindo arquitetos, urbanistas, engenheiros civis, engenheiros florestais, entre outros. Esse nivelamento possibilitou uma participação mais qualificada e coerente, assegurando que todos os envolvidos tivessem condições de compreender e contribuir efetivamente com a discussão.

Outro aspecto essencial identificado foi o esforço em traçar uma linha histórica dos trabalhos anteriores de geoprocessamento realizados pela Prefeitura de Brusque. Essa abordagem permitiu contextualizar o estágio atual de desenvolvimento das tecnologias geoespaciais no município e destacar o papel estratégico que essas ferramentas podem desempenhar. A narrativa histórica favoreceu o engajamento dos técnicos e gestores, ao evidenciar o impacto positivo que a modernização e a integração dos dados podem gerar para a administração pública.

Por fim, destaca-se que a interlocução entre os representantes dos três setores diretamente relacionados ao território e ao uso do solo gerou um espaço de troca genuinamente colaborativo. As discussões realizadas abordaram temas como responsabilidades

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

institucionais, direitos de acesso e edição dos dados, bem como formas mais eficazes de gerenciamento. Essa construção coletiva foi um dos principais resultados da análise de requisitos, revelando um ambiente de articulação técnica, reconhecimento mútuo e organização conjunta em torno da gestão do território municipal.

4. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi relatar a experiência, sob a perspectiva dos gestores do projeto, relacionada à implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) no município de Brusque (SC), com foco na etapa de análise de requisitos. O processo, desenvolvido em 2022, possibilitou o delineamento metodológico das etapas, desde as reuniões de planejamento até a execução da dinâmica intersetorial, envolvendo órgãos estratégicos da administração municipal.

Destacou-se, ao longo da experiência, a relevância do nivelamento prévio da equipe envolvida, especialmente no que diz respeito aos conceitos fundamentais de geoprocessamento, banco de dados geoespaciais, integração intersetorial, responsabilidades institucionais e ao próprio conceito de CTM. Esse preparo foi essencial para garantir apropriação dos objetivos do projeto e engajamento qualificado dos participantes.

A iniciativa demonstrou-se bem-sucedida na concretização dos propósitos iniciais: organizar a base de dados existente, definir competências institucionais sobre os cadastros temáticos e fomentar a consciência coletiva sobre a importância do CTM para uma gestão territorial mais eficaz e integrada.

Importa ressaltar que essa primeira experiência intersetorial não apenas consolidou uma metodologia local para a análise de requisitos, mas também gerou reflexos institucionais profundos, que hoje se manifestam em diversos avanços estruturais na gestão do território municipal. Como resultado direto dessa iniciativa:

- Foi criado o Observatório do Mercado Imobiliário, cuja base informacional é composta por diversos cadastros temáticos gerados a partir do CTM;
- Já se contabilizam mais de 25 cadastros temáticos integrados, com edições frequentes e governança estabelecida;
- A malha de lotes passou a ser mantida com alta frequência de atualização: anualmente, mais de 4 mil edições de geometrias são realizadas, com categorização específica dos lotes que possuem georreferenciamento;
- O sistema já conta com mais de 200 usuários ativos, distribuídos entre diferentes secretarias e setores do município;
- Em novembro de 2023, foi lançado o portal público portalgeo.brusque.sc.gov.br permitindo consulta gratuita de dados geoespaciais e emissão de viabilidades urbanísticas, com mais de 90 mil emissões já realizadas;
- Também foi estruturado um programa permanente de capacitação técnica, por meio da plataforma Moodle, abordando conteúdos como conceitos de CTM, estruturação de banco de dados geoespaciais e uso do novo SIG adotado pelo município.

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Esses resultados reforçam o papel estratégico da análise de requisitos conduzida em 2022 como um marco organizacional e formativo, liderado por um setor gestor com visão integrada, competência técnica e capacidade de articulação entre diferentes áreas da administração pública. O êxito da experiência de Brusque serve, portanto, como referência concreta para outras prefeituras interessadas em instituir um CTM sólido, moderno e colaborativo.

Por fim, reforça-se que a continuidade das ações formativas, o fortalecimento institucional do setor gestor e o compromisso com a interoperabilidade dos dados serão fundamentais para o avanço qualitativo e a sustentabilidade dessa política pública territorial.

REFERENCIAS

Amorim, A., Pelegrina, M. A., & Julião, R. P. (2018). *Cadastro e gestão territorial: Uma visão luso-brasileira para a implementação de sistemas de informação cadastral nos municípios*. São Paulo: UNESP, 131 p.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. (2022). *Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022*. Brasília, DF.

Brusque (Município). (2009). Lei nº 144, de 31 de agosto de 2009. Cria o Instituto Brusquense de Planejamento – IBPLAN e dá outras providências. Brusque.

Brusque (Município). (2002). Lei nº 2601, de 11 de abril de 2002. Cria a Fundação Municipal do Meio Ambiente – FUNDEMA, e dá outras providências. Brusque.

Brusque (Município). (2020). Lei nº 322, de 22 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a estrutura administrativa do Poder Executivo do Município de Brusque e dá outras providências. Brusque.

Cougo, P. (1997). *Modelagem conceitual e projeto de banco de dados*. Rio de Janeiro: GEN LTC, 296 p.

Fédération Internationale des Géomètres (FIG). (1995). *Statement on the Cadastre*. International Federation of Surveyors, p. 2.

Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human and Computer Studies*, 43(5–6), 907–928.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2021). *Base de informações do Censo Demográfico 2021: Resultados do Universo por setor censitário*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/brusque.html>. Acesso em: setembro de 2022.

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Leite, M. E., Veloso, R. J., & Reis, G. A. (2022). O cadastro territorial multifinalitário na gestão dos municípios do Norte de Minas Gerais. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 26.

Pelegrina, M. A., & Neto, J. A. S. (2011). Análise da compatibilidade dos dados geoespaciais disponibilizados pelos órgãos públicos. In *XXV Congresso Brasileiro de Cartografia; III Congresso Brasileiro de Geoprocessamento; I Congresso Brasileiro de Geointeligência; XXIV Exposicarta: Cartografia, instrumento para o desenvolvimento sustentável*. Curitiba, PR: Monderrer.

Piumetto, M. A., & Erba, D. A. (2012). El rol del catastro en la nueva administración territorial de América Latina. In *8th FIG Regional Conference 2012: Surveying Towards Sustainable Development*. Montevideo, Uruguay.

Ramos, F. R., Câmara, G., & Monteiro, A. M. V. (2007). Territórios digitais urbanos. In *Geoinformação em urbanismo: Cidade real x cidade virtual* (pp. 34–53). São Paulo: Oficina de Textos.

SEBRAE. (2020). *Plano de Desenvolvimento Econômico de Brusque/SC*.

Teorey, T., Lightstone, S., Nadeau, T., & Jagadish, H. V. (2014). *Projeto e modelagem de banco de dados* (2ª ed.). Rio de Janeiro: Elsevier, 309 p.

BIOGRAPHICAL NOTES

Camila da Silva é licenciada em História pelo Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE, pós-graduada em Gestão e Legislação Tributária pela UNINTER e mestranda em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina. Servidora pública municipal de Brusque há 15 anos, atua como Chefe do Setor de Geoprocessamento – GeoBrusque, responsável pela implantação e gestão do Cadastro Territorial Multifinalitário e do Observatório do Mercado Imobiliário do município. Sua pesquisa concentra-se em avaliação em massa de imóveis, variáveis de localização e modelagem conceitual de dados territoriais.

André Felipe Bozio é engenheiro civil pelo Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE (2018), mestre em Gestão Territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e especialista em Direito Ambiental e Urbanístico pela Escola Superior do Ministério Público do Rio Grande do Sul (FMP/RS). Cursa pós-graduação em Projeto, Modelagem e Execução de Estruturas e Fundações no Instituto de Pós-Graduação e Graduação (IPOG), em Florianópolis. É Diretor de Planejamento Urbano na Prefeitura Municipal de Brusque (SEPLAN), onde atua no desenvolvimento de pesquisas aplicadas ao território, áreas de risco, geotecnia, gestão territorial, Cadastro Territorial Multifinalitário e avaliações imobiliárias. Coordena a Comissão Técnica Permanente de Acompanhamento e Implementação do Plano

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Diretor de Brusque – CTEP e integra o projeto GeoBrusque, voltado à implantação do Cadastro Territorial Multifinalitário do município.

Guilherme Boeing Ouriques é graduado em Direito pela Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI e pós-graduado em sua área de atuação. Servidor público municipal de Brusque, exerce o cargo de Auditor Fiscal Tributário e atualmente é Secretário de Fazenda do Município. Já atuou como Presidente do Colegiado de Tributação da AMVE (Associação dos Municípios do Vale Europeu) e como Vice-Presidente da AFAMESC (Associação dos Fiscais e Auditores Municipais do Estado de Santa Catarina). Sua experiência profissional concentra-se na gestão tributária municipal, liderança institucional e articulação regional voltada ao fortalecimento da administração fiscal.

CONTACTS

Camila da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC
Programa de Pós-Graduação Em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
Brusque
BRASIL
E-mail: camilacoelhosilva1@hotmail.com

André Felipe Bozio
Centro Universitário de Brusque – UNIFEBE
Instituto Brusquense de Planejamento – IBPLAN
Brusque
BRASIL
E-mail: andrefbozio@gmail.com

Guilherme Boeing Ouriques
Prefeitura Municipal de Brusque – Secretaria da Fazenda
Brusque
BRASIL
E-mail: guilherme.ouriques@brusque.sc.gov.br

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Camila da Silva, André Felipe Bozio, and Guilherme Boeing Ouriques
Analysis of Requirements for Implementation of the Multipurpose Territorial Registry: Experience of the Municipality of Brusque (SC)

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

The Role of Digital Transformation for Integrated Land Management: Insights from Latin America

**Claudia LINDNER, The Netherlands, Walter Timo DE VRIES, Germany,
Felicitas SOMMER, Germany**

Key words: land administration, digitalisation, integrated land management

SUMMARY

Land rights, restrictions and responsibilities are closely linked to land management in general and spatial planning in particular. Both systems - land tenure and land use planning - involve the distribution, regulation and use of land resources, but they usually operate through different processes and are influenced by different policies, institutions and legal frameworks. In many contexts, institutions that document and disseminate information on land tenure, typically cadastral offices and land registries, and institutions that deal with land use planning, typically planning authorities, operate in silos. Weak governance structures and poor institutional coordination of land tenure and land use planning can lead to inefficient processes, ineffective enforcement and poor community support, and even conflict due to inconsistencies. The advent of digital transformation offers significant opportunities to overcome these silos and strengthen linkages, improving efficiency, transparency and decision-making processes. The paper hooks onto earlier works of the joint FIG Commission 7 and Commission 8 Working Group 7.6/8.4 on Integrated Land Management and refers to the previously presented conceptual framework to assess these linkages and to identify the role of digitalisation and digital transformation in this context. The main categories relate to I) Institutions and governance; II) Legal framework and policy; and III) Data and technology. The case studies from Mexico and Brazil are contextualised and evaluated alongside general developments on the Latin American continent. Data were collected through a literature review and semi-structured interviews with key experts in both countries. The findings shed light on the three lenses of the conceptual framework and emphasise the relevance of digitalisation in implementing integrated land management. The preliminary results show that in practice digitisation is a balancing act between internal and external forces on the one hand and gradually manoeuvring between what is technically possible and operationally feasible on the other hand. Internal forces hindering major transformations in day-to-day workflows concern vested interests of professional standards and practices, as well as internal territorial or functional mandates. External influences generally concern advocacy agencies with their own information systems and indicator systems which are largely incompatible with existing internal ones. This paper concludes with a discussion on potential use cases and different user perspectives on integrated land management.

The role of digital transformation in integrated land management: insights from Latin America

**Claudia LINDNER, The Netherlands, Walter Timo DE VRIES, Germany,
Felicitas SOMMER, Germany**

1. INTRODUCTION

Land rights, restrictions, and responsibilities are intrinsically linked to land management in general and spatial planning in particular. Both systems of management—managing land tenure and managing and planning land use—involve the distribution, regulation, and use of land resources, yet they typically operate through separate processes and are influenced by different policies, institutions, and legal frameworks. In many cases, institutions that document and disseminate information on land tenure, such as cadastral offices and land registries, and those responsible for land use planning, such as planning authorities, function in silos. This fragmentation often leads to weak governance structures, poor institutional coordination, and inefficient processes, resulting in ineffective enforcement, limited community support, and even conflicts due to inconsistencies between land tenure, cadastral information and planning systems.

Examples of the effect of these discontinuities and disconnections are the three use cases of integrated land management systems in Germany discussed by Sommer & Vries (2023). While properties in Germany are accurately measured and registered, and while the procedures of registration follow well-defined and long-standing standards, what one can actually do with the information in these registers, besides checking individual property ownership for particular locations, is limited. It remains difficult to control or steer the land market despite the potential wealth of data on land transfers; it remains difficult to check if land concentrations are occurring and if and where accumulations of property ownership take place, and the link of ownership information to environmental and public restrictions is not embedded in the property registration systems. Hence, for an individual owner or specific location, it is extremely cumbersome to obtain a full picture of the current legal status quo of a plot of land or an area. This makes both land use planning and broader land governance complicated.

The advent of digital transformation presents significant opportunities to overcome these silos, enhancing the linkages between land tenure and land use planning. By improving efficiency, transparency, and decision-making processes, digital tools and technologies have transformed how integrated land management systems respond to disruptions, enhance service delivery, and support sustainable development. Innovative technologies and digital infrastructures ensure that land administration systems become more resilient, efficient, and inclusive. Thus, it is not a surprise that (technically supported) integrated land management gains attention at national as well as international level.

However, much focus has been placed on the technical infrastructures and technological drivers behind these developments. This paper takes a broader perspective by zooming out to examine the role of practice and practitioners in processes of digitalisation and digital transformation for integrated land management. By better understanding in which environment and with which opportunities practitioners are operating and making day-to-day

decisions on adopting and enhancing digitalisation and integration, it is better possible to comprehend it beyond its mere technical aspects and support the development of a conceptual framework for a more holistic assessment pertaining to the institutional, legal and technology lens.

FIG WG 7.6/8.4 addresses both aspects and explores if and how digital transformation improves the integration of land management and administration by creating opportunities for cross-sectoral synergies that have hardly been exploited so far. The working group wants to expose best practices the bridge land administration, land management, land use planning and spatial governance.

The paper is structured around six main parts. Contextual background about the region as well as integrated land management is provided in section two, before section three illuminates on the methodologies used to collect data for this contribution. The fourth section elaborates the country cases of Brazil and Mexico before the fifth section of this paper puts the examples into international context. The last section concludes with the main findings and outlines the way forward.

2. BACKGROUND

2.1 Integrated Land Management and Digitalisation

In the land management paradigm (Enemark 2005), land administration functions are essential for regulating how land and its resources are managed, used, and distributed. These functions ensure that land-related activities are conducted efficiently, equitably, and sustainably. The key land administration functions include land tenure, land valuation, land use planning, and land development.

Enemark (2005) emphasises the importance of integrating land management functions, noting that many countries tend to separate managing land tenure rights from managing land use rights. This separation creates a gap in both information provision and designing practical land management and land governance solutions, as there is no effective institutional mechanism to link planning and land use controls with land values and the land market's functioning. These challenges are further exacerbated by inefficient administrative and management practices that fail to provide essential services. Back then, Enemark (2005) further outlined that investments in new technology can offer some improvements, they only address part of the problem—the broader issue lies in the inability to manage land and its resources as an integrated, cohesive system. Still, however, some of the promises of technological changes are not yet fulfilled, as some of the basic public sector information and land governance objectives are not properly aligned (Scanlan et al., 2025).

Undoubtedly, technology has advanced tremendously, offering ways to address siloed systems, challenging the status quo and providing opportunities for integrated land management. Previous work on digital transformation in land administration emphasises the shift from traditional, manual processes to digital systems, leading to significant improvements in efficiency, transparency, and service delivery. This transformation involves digitizing data and redesigning business processes to accommodate digital tools, with countries adopting technologies like blockchain, GIS platforms, cloud processing, and satellite data for land registration and property transactions. The COVID-19 pandemic accelerated this shift, highlighting the importance of digital infrastructure in maintaining service continuity during disruptions. Global frameworks, including the Voluntary Guidelines

on the Responsible Governance of Tenure (VGGT), as well as the Framework for Effective Land Administration (FELA) provide policy guidance and support for countries in adopting digital strategies. Overall, digital transformation is recognised as a crucial step in improving service delivery and achieving broader development goals through modern technology and process reengineering.

Use cases demonstrating different stages of digitisation, digitalisation and digital transformation can be found across the globe. In this context, significant progress in digitally accelerated land administration is frequently reported and presented at international conferences, addressing various aspects such as technological infrastructure, legal and regulatory frameworks, data management, interoperability, service delivery, and user experience (FAO, UNECE, FIG, 2022). Despite these advancements, risks and challenges remain, particularly with regard to the digital divide, digital literacy, and inequalities in access to digital infrastructure, particularly in rural areas.

In this vein, earlier work in the working group provides insights into stakeholder perspectives from 23 countries, focusing on both the opportunities and challenges of digital transformation by investigating and categorising the different social perspectives, beliefs and values on preferred and non-preferred (technical and non-technical) practices, fears and opportunities related to digital technologies (Lindner et al. 2024). Key benefits include improved efficiency, security of tenure, and enhanced spatial planning, while concerns centre around job loss, privacy issues, and the exclusion of vulnerable groups especially in the discourse of digital versus analogue data. The study underscores the importance of balancing innovation with inclusive strategies to ensure equitable access and minimise risks.

2.2 The Context of Latin America

Most countries in Latin America follow a dual structure inherited from the Roman Law, where the cadastre and the land registry are managed by separate entities. Only 43% of Latin America and Caribbean (LAC) countries have integrated registry and cadastre systems, a figure notably lower than in other regions such as Eastern Europe and Central Asia (ECA). This lack of integration increases transaction costs and reduces data reliability (Deininger et al., 2025), while also complicating coordination and digital integration (Ribeira et al., 2025). The systems are often fiscally oriented, focusing primarily on property valuation for taxation purposes, whereas legal security is handled independently, leading to data duplication and inefficiencies.

In terms of progress towards digital transformation of property institutions, Deininger et al. (2025) reflect that the LAC region has made only moderate advances. While about 78.6% of LAC countries surveyed have a digital land registry with national scope and 64.3% have more than half of their private land registered, only 35.7% have more than half of their cadastral data mapped, and just 21.4% have mapped more than half of their public land (Deininger et al., 2025). This indicates limited spatial coverage, which restricts the potential for effective land governance, taxation, and planning. Digitalization is increasingly recognised as a key driver for those developments making land administration more efficient, transparent, and accessible. Digital tools support cadastral surveys, regularization, registration, territorial planning, disaster risk management, and sustainable rural development. However, many countries face weak institutional coordination, insufficient funding, and a lack of technical capacity, especially at the municipal level, which limits the ability to maintain and update digital land records, particularly in rural areas (FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022).

There is a growing push for multipurpose cadastres, serving legal, fiscal, planning, and environmental needs, and for adopting “fit-for-purpose” and social mapping methodologies, especially in rural and informal areas (Beccera et al., 2021; Flores-Rozas et al., 2023). The literature recommends moving toward a single, unified digital system for cadastre, registry, and regularization, with open data standards and interoperability between institutions (FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022).

3. METHODOLOGY

3.1 Institutional, Legal, Technological Setup

This paper uses a threefold analytical framework to assess these linkages and to identify the role of digitalisation and digital transformation in this context.

The main categories relate to:

- I) Institutions and governance: Governance structures should facilitate partnerships and collaboration between land management agencies, planning authorities and community stakeholders, and provide opportunities for digital transformation;
-
- II) Legal framework and policy: A strong legal framework that aligns land tenure laws with land use planning regulations promotes coherence between how land is owned and how it can be used, as well as its support for digital technologies;
- III) Data and technology: Harnessing technological advances and digitalisation efforts provides the necessary infrastructure to bridge siloed institutional arrangements.

The preliminary findings from Brazil and Mexico are based on a literature review and consultations with two experts from each country. Semi-structured interviews were organised around five thematic sections to explore the current state and prospects of integrated land management, with a focus on the role of digitalisation. The first section about integrated land management investigates the general country context and extent of integration between land tenure and land use planning, practical examples at various governance levels, and the role of strategic development plans. Secondly, the technology lens assesses the technological tools used in land management, their effectiveness, and barriers to adoption such as cost, training, and infrastructure. Thirdly, the institutional lens explores the roles of different institutions, their coordination mechanisms, and how digital processes support collaboration. It also seeks suggestions for improving inter-institutional cooperation. Fourthly, the legal lens evaluates whether integration is supported by legislation or policy frameworks and how these laws facilitate or hinder digitalisation in land management. The interviews closed with an outlook towards future developments to gather insights on expected changes over the next decade, the role of digital transformation, and key enablers and barriers to progress.

3.2 Enabling and Disabling Design Features for Integrated Land Management

While there is a fundamental overlap between secured land rights and integrated land management, there are also differences. Legal certainty of land rights requires clear property boundaries and a timely, centralised, unique, and harmonised registration of landowners. As

the systematic and effective implementation of land administration system takes time and is capital intensive, integrated land management should not be seen as an add-on to existing land administration infrastructure. Rather, the consistency of strategies for providing secured land rights with integrated land management should be explored from the start. The approach considers that digitisation practices and their outcomes are built on the interplay between lock-in effects of past decisions and on current political and economic agendas and interests. At the same time, the prioritised implementation of land right security could create future lock-ins that disable use cases of integrated land management. It is noteworthy that integrated land management goes beyond merging cadastres and land registers and can include linking land rights and restrictions information, information on landowners and corporate ownership, land acquisitions and concentration as well as levers of control and enforcement. Thereby, emphasis is not on secure property transactions alone but on various land management use cases.

How legal, technical and institutional architectures of land information and planned digitisation strategies enable or disable certain functions and use cases of integrated land management needs to be understood. Clear property boundaries are not necessarily the first priority as would be the case for a single focus on property transactions and secure land rights. From this angle, use cases like land concentration assessment, land market control and enforcing land rights restrictions could lead to additional digitisation requirements. The mentioned use cases instead emphasise clear links between land rights and restrictions as well as transparent, unambiguous, correct, complete and timely data on land transactions as well as landowners and purchasers:

- For land concentration assessment: need for unique identifiable direct owners and data access regarding ultimate beneficial owners, harmonised measures, classifications and thresholds for land values or parcel sizes - link between owners to all parcels of one owner
- For land market regulation: timely identification of direct property transactions or indirect purchases via share deals
- For control of land rights restrictions: link between property right and land restriction via common spatial or direct links between right and restriction

4. RESULTS

4.1 The Understanding of Integrated Land Management and Digitalisation

Integrated land management has emerged as a central theme in Latin America's efforts to promote sustainable development, territorial justice and environmental protection. These efforts are increasingly supported by digitalisation and data-driven governance, aligning with broader global frameworks such as the Sustainable Development Goals (SDGs). The Montevideo Consensus on Population and Development (UN ECLAC, 2014) provides a foundational policy framework for the region, emphasizing human rights, equality, and the strategic use of digital tools to enhance land-related governance and integrated territorial planning.

Historically, land administration systems in Latin America have been shaped by the legacy of the Roman Law and the Spanish legal tradition, which separated land registration from cadastral mapping. In many countries, cadastral agencies were only established in the last 20

to 30 years, whereas land registries have existed for much longer, primarily focused on legal documentation of ownership. As a result, the concept of integrated land management is often narrowly interpreted as the technical integration of cadastre and land registry systems. However, contemporary approaches increasingly advocate for a multipurpose cadastre—a broader construct that links territorial information, rights, restrictions and responsibilities to cadastral properties, enabling more holistic and inclusive land governance (Lopez-Rivera, 2024).

Despite growing recognition of the importance of integration, progress remains uneven across the region. Institutional fragmentation, legal pluralism, and disparities in digital infrastructure continue to hinder the development of coherent land administration systems (FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022). Many countries operate multiple land information systems in parallel, often without interoperability, and responsibilities for land use planning and tenure management are distributed across different levels of government.

4.2 The Case of Mexico

Land management practices in Mexico are shaped by historical legacies, institutional fragmentation, and the uneven adoption of digital technologies. The country's land administration system reflects a complex interplay between federal, state, and municipal authorities, each operating under distinct legal frameworks and data infrastructures. This complexity is further compounded by Mexico's dual land tenure system, which distinguishes between ejido and communal lands managed by the Registro Agrario Nacional (RAN), and private property overseen by municipal cadastral offices. The decentralization reforms of 1983, which granted municipalities strong autonomy over land use planning and cadastral mapping and registration of private property, were intended to empower local governance but have also contributed to fragmentation and inconsistent planning practices across the country. Efforts to modernise land governance began in earnest during the 1990s, particularly through the PROCEDE program (Ejido Rights Certification Programme), which aimed to formalise ejido land rights using geographic information systems and digital cadastral mapping. This initiative significantly improved tenure security and facilitated the emergence of land markets (INEGI, 2006). However, many Ejidatarios, the owners of the ejido land, continue to face barriers to accessing and managing their land rights due to digital illiteracy, limited internet connectivity, and dependence on intermediaries (Hoekema et al. 2009, Barnes, 2014).

The legal framework underpinning land governance is anchored in the Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, which mandates integrated planning and coordination across government levels. Despite this, only a minority of federal entities have fully harmonised their legislation with the national law, leaving most states with partial or outdated regulatory structures (SEDATU, 2025).

Institutional fragmentation remains one of the most significant obstacles to integrated land management. Key federal institutions such as SEDATU (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano), INSUS (National Sustainable Land Institute), RAN, and INEGI (National Institute of Statistics and Geography) each play vital roles in land administration, housing policy, land regularization, and geospatial data provision. However, coordination among these entities is limited, and their respective data systems are often incompatible. Municipalities, which are responsible for land use planning and cadastral management and the

management and updating of land administration data, vary widely in their technical capacity and resources. While some urban centres like Guadalajara have developed advanced digital platforms, many smaller municipalities lack even basic digital infrastructure. According to recent assessments, only 18 percent of municipalities possess the capacity to maintain digital cadastral systems (PNOTDU, 2025). This fragmentation, outdated information and lack of interoperability between municipal cadastres and public registers generates uncertainty about land ownership and use ultimately limiting legal certainty, reducing property tax collection and hindering territorial planning. Legal pluralism, discrepancies between cadastral and legal data, especially in ejido areas and a lack of integrated urban planning frameworks, especially in the ejidos which cover more than 50% of total Mexican territory, lead to tensions, particularly in peri-urban areas where there is a high degree of informality in land transactions (Schumacher et al. 2019).

In response to these challenges, land management in Mexico is undergoing a transformative shift as the Mexican government via SEDATU is introducing two major national projects aimed at reforming land governance: the Proyecto del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PNOTDU) 2025-2023 and the Lineamientos del Programa de Modernización de los Registros Públicos de la Propiedad y Catastros 2025. The modernization guidelines set forth a comprehensive strategy to digitise and harmonise property registries and cadastral systems. Their objectives include strengthening institutional coordination, implementing interoperable digital platforms, harmonising legal frameworks, formalising informal settlements, and enhancing citizen access to land-related services. These reforms are designed to replace outdated paper-based systems with transparent, efficient, and inclusive digital infrastructures (SEDATU 2025) allowing for efficient land services and public access to land data.

The project PNOTDU went through the National Council lately but its final publication in the *Diario Oficial de la Federación* is still pending. In essence, it outlines Mexico's territorial development strategy for 2025–2030, representing a paradigm shift in land governance. It conceptualises territory as a common good and positions planning as both a technical and ethical responsibility. The program emphasises substantive equality, particularly for historically excluded territories, and promotes public participation through forums and consultations. It also advocates for affirmative action in housing, mobility, infrastructure, and access to services, aligning its goals with international frameworks such as the Sustainable Development Goals (SDGs), the Paris Agreement, and the 2030 Agenda. PNOTDU seeks to reverse the effects of neoliberal reforms that weakened public institutions and to restore the state's capacity to manage land equitably and sustainably (PNOTDU, 2025).

Despite these promising initiatives, significant challenges remain. The coexistence of multiple land registries and legal systems continues to generate conflicts and uncertainty, especially in peri-urban areas where informal settlements proliferate. Discrepancies between cadastral maps and legal property titles are common, and the process of converting ejido land to private property is often discretionary and opaque. Municipal resistance to data sharing and collaboration further impedes integration efforts. Moreover, the digital divide exacerbates inequality, as wealthier municipalities benefit from advanced technologies while rural municipalities and marginalised communities are left behind.

Nevertheless, emerging opportunities are beginning to bridge these gaps. Participatory GIS and community-driven mapping initiatives, for example, are empowering local stakeholders and improving data accuracy (Salgado Montes et al., 2017). Academic institutions are

increasingly collaborating with government agencies to support evidence-based planning and policy development. The SITU (Land and Urban Information System) refers to a centralised database that is currently being created to integrate all planning information in one place. Combined with the strategic frameworks provided by the central government, these innovations offer a pathway towards more coherent, inclusive and sustainable land management in Mexico.

4.3 The Case of Brazil

Brazil's land administration system is historically fragmented, shaped by colonial legacies and institutional silos. Urban and rural land governance are managed separately, with urban cadastres under municipal control and rural cadastres under the federal institution INCRA. Land registration, however, is handled by private notaries and registrars under the juridical control at state level, creating a disconnect between cadastral mapping and legal ownership. This fragmentation has long hindered integrated land management, but recent digitalisation efforts and changing institutional mandates for integrated land information offer a promising path forward. Developments are also pushed by a recent Supreme Court decision¹ calling for integrated information of land rights and environmental aspects of land.

Land tenure in Brazil is categorised into several types, each governed by different regulatory frameworks, marking Brazil, besides Mexico, as one of the only countries with independent legal frameworks for both rural and urban lands (FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022). Rural land, primarily used for agricultural purposes, is subject to specific federal regulations. Urban land falls under the jurisdiction of municipal authorities and is regulated through local planning instruments. Public land may be owned by federal, state, or municipal governments, while private land is held by individuals or corporate entities.

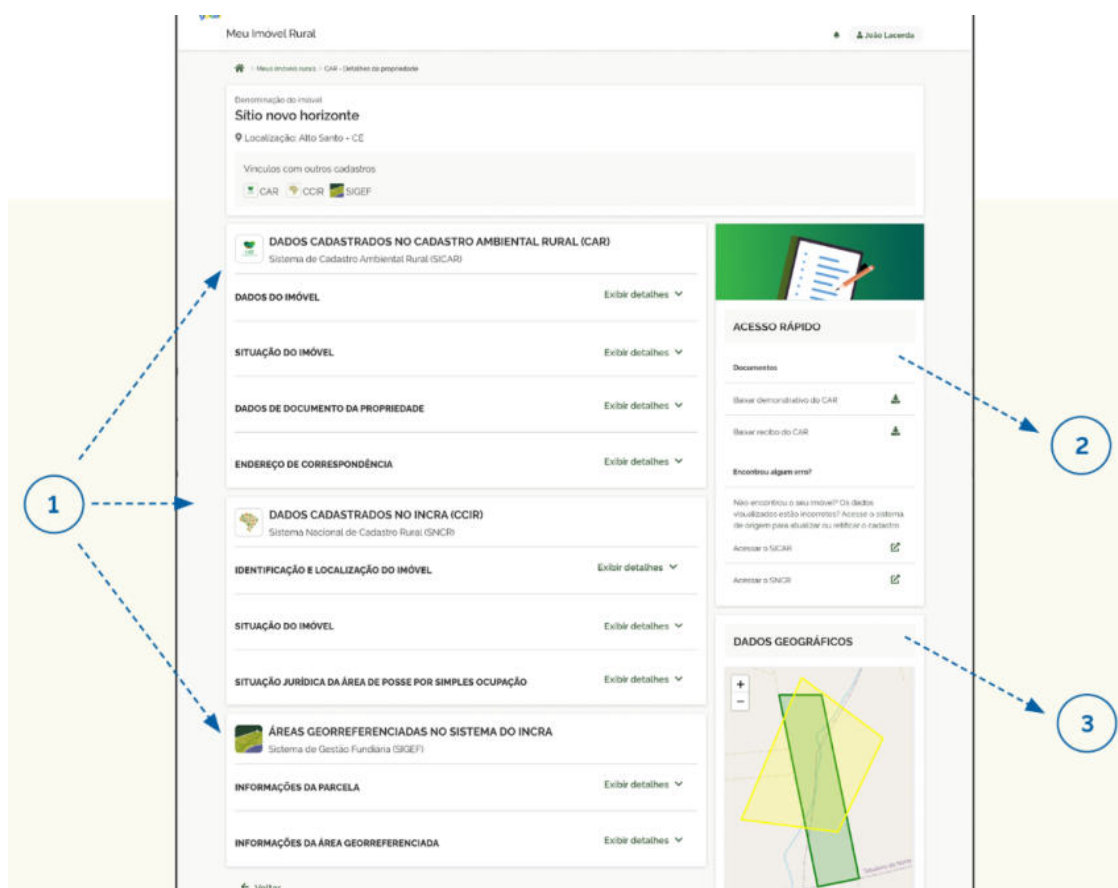
Brazil's land governance landscape is shaped by two major databases, the Cadastro Ambiental Rural (CAR) and the Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF). Developed by the Ministry of Environment, CAR is a geospatial registry that maps land use and possession across rural areas. Although CAR plays a crucial role in environmental monitoring and planning, it is not legally linked to formal land rights. This has led to problematic situations where CAR maps are used as de facto evidence of ownership, even when mapped parcels overlap indigenous territories or protected lands. Furthermore, CAR mostly relies on crowdsourced data, which is often submitted without spatial validation, impacting data quality. It has been reported that data quality varies significantly across states, with some regions showing coherent data and others showing topologically inconsistent data with significant overlaps.

Launched by INCRA in 2013, SIGEF is a cadastral system that manages over 2 million land parcels, with more than 800,000 parcels linked to the land registry. It is publicly accessible and widely utilised, including by large corporations. The system's significance was underscored when it went offline for several weeks, prompting widespread complaints from across the country. Despite its importance, SIGEF faces low political prioritisation and is impacted by limited human and financial resources. Nevertheless, ongoing modernization efforts are underway, focusing on standardised data formats and enhanced interoperability to

¹ See: <https://www.conjur.com.br/wp-content/uploads/2025/03/ATA-ADPF-743-1-3.pdf>

improve system efficiency and integration such as with the National Rural Cadastre System (SNCR)².

The Ministry of Management and Innovation in Public Services (Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos - MGE), established 2023 plays a pivotal role in bridging the gap between distinct databases on properties Brazil by integrating information from SNCR, CAR and SIGEF, in a unified interface. The application was designed to simplify the management of these records for small and medium-sized farmers, as its goal is to provide easy, user-friendly and intuitive access to data and documents.



Source: MGE, Platform³. 1- Download property data registered in different government databases, 2 - Download property documents, 3 - View CAR polygon and georeferenced area

Efforts to integrate are further fuelled by private sector actors who are increasingly pushing for better land governance. International buyers such as PepsiCo demand legal certainty in supply chains, as mandated by directives such as the EU Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD). This creates market pressure for land regularisation.

² See:

<https://geocracia.com/sigef-sncr-novo-sistema-de-regularizacao-de-imoveis-rurais-entrou-em-vigor/>

³ See: <https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/meu-imovel-rural>

Despite notable technical advancements in Brazil's land information systems, several institutional and structural challenges continue to hinder full integration. One major obstacle is institutional resistance, particularly from registrars and legal professionals who often oppose integration efforts, citing legal mandates and jurisdictional boundaries. Additionally, political instability—including budget cuts under previous administrations—has significantly weakened the operational capacity of INCRA who reportedly lost 40% of its staff leaving only 100 employees across 30 regional offices. The current administration is rebuilding capacity aiming to hire more than 700 new employees with the support of international donors such as the UK Foreign Office, the World Bank and GIZ. However, the next elections are in 2026, so the next year is critical for laying the foundations of reform before priorities may shift again.

Another critical issue is legal ambiguity. Conflicting laws and the absence of harmonised legal frameworks make system interoperability difficult, creating confusion and inefficiencies across institutions. MGE laid the foundation with a harmonised data platform creating a single point of information, but also showing overlapping land claims as well as conflicting institutional mandates which require reform. Furthermore, the digital divide poses a substantial barrier: many rural communities lack reliable internet access and digital literacy, limiting their ability to engage with and benefit from digital land management tools. Especially for those communities who could benefit from adverse possession legislation, it remains often unclear how and where their legal claims are registered.

Looking ahead, the next one to two years are considered pivotal for laying the groundwork for an integrated and inclusive land administration system. Achieving this vision will require political continuity and sustained support, alongside legal reforms aimed at harmonizing existing frameworks. Capacity building at both municipal and federal levels is essential to ensure that institutions are equipped to manage and implement integrated systems effectively. Equally important is collaboration among stakeholders, including the state level as well as indigenous and traditional communities, whose participation is vital for equitable land governance.

5. DISCUSSION

Efforts to digitalise and integrate land management functions in Latin America face a range of complex and interrelated challenges. A key barrier is the legal pluralism and diversity of land tenure arrangements, which include both communal and private property systems. These coexist with varying degrees of formalisation and digital availability of land tenure data. Brazil, for example, still lacks complete cadastral coverage. In many countries, multiple land information systems operate in parallel, often without interoperability, further complicating efforts to unify data and processes, and thus preventing reliance on land data and associated land indicators as a basis for unified land governance objectives.

Land management responsibilities are also distributed across different institutions and levels of government. This creates a clash between territorial (area-based) and functional (topic, theme, or sector-based) mandates. Typically, land use planning is handled at the municipal level, while land tenure is managed at regional or national levels. Additionally, environmental or societal concerns connected to land tenure or land use planning may be the responsibility of sectoral ministries and associated lower-level organizations. Brazil and Mexico exemplify

this complexity, with both countries maintaining separate legal frameworks for rural and urban land, creating complexities and uncertainties particularly in peri-urban areas. This legal disconnect poses significant obstacles to developing unified and integrated land (information) governance solutions (FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022).

5.1 Integrated Land Management in Mexico and Brazil

Comparing Brazil and Mexico reveals that while developments are highly context-specific, both countries face similar structural challenges. Technology itself is not the main issue, land use and tenure data are largely available, but integration remains limited due to institutional fragmentation, legal pluralism, and uneven digital infrastructure. In Brazil, urban and rural land are governed separately, with cadastral and registration functions split across federal, municipal, and private entities. Mexico similarly divides land governance between ejido/communal lands and private property, managed by different institutions at various levels.

Over the past two decades, both countries have made significant strides in digitalisation. Brazil has developed systems such as CAR and SIGEF, while Mexico has initiated reforms through the PROCEDE programme and, more recently, national modernisation strategies. However, issues with data quality, limited municipal capacity and digital divides persist, particularly in rural and peri-urban areas, hindering the full potential of these systems. Integration efforts are underway in both contexts, albeit at different levels. Brazil is capitalising on technology and enhanced processes, with a strong focus on data integration. This is evident in the Meu Imóvel Rural platform, for example, development in harmonised data modelling with LADM standards (Marra, 2024) and in the recent integration of SIGEF and SNCR. In contrast, Mexico is taking a legal and governance approach, paving the way for enhanced integration with programmes and strategies for national territorial planning and modernisation. These aim to harmonise data, improve interoperability and give citizens better access to land-related services.

As both Brazil and Mexico are experiencing rapid changes in both the formal and informal settlements, and have customary as well as formal tenure systems, managing land use and securing land rights legally and legitimately remains a major challenge. This also involves managing interests of large-scale investments and large-scale acquisition in land and setting proper restrictions for environmental concerns. Scenarios of land development need to rely however on proper land intelligence, i.e. which expansions are likely to happen and how this will affect or fundamentally alter current land claims, rights or interests. As Mexico has a strong separation in processes and institutional set-ups of land use planning and land administration, such land intelligence can act as a technical boundary object - uniting both systems despite their different operations. Showing scenarios of change and prioritizing or classifying land management options is a practical way of showing how land rights and land use are connected in the past and in the future. This does not need a major change in the legal framework as this largely exists already and is also perceived as adequate by the practitioners, neither does it require a fundamental change in the mandatory procedures. It 'only' needs additional technical and managerial capacity in designing and operating land intelligence systems. For Brazil setting up land intelligence effectively is probably different, as the institutional complexity is larger. Finding or deriving optimal land managerial solutions and scenarios will therefore yield multiple and comparable options, which will largely be dependent on local land tenure situations and land use planning idiosyncrasies. Nevertheless,

the interviews with the Brazilian experts showed that there is no lack of informational expertise or technical infrastructure. Instead, constructing acceptable institutional and political imaginaries such as preferred or desired outcomes or priorities of land use or land ownership changes may be the biggest hurdle to overcome.

5.2 Evaluation of Use Case Examples

From a land governance perspective, the current systems in Mexico and Brazil are not effective in achieving spatial justice, land reform or land redistribution, or in selecting and restricting areas and owners of environmentally sensitive zones. Land tenure security in itself is not a necessary prerequisite for integrated land management and can instead be implemented alongside advancements in land administration systems including land registries and cadastral coverage. Strategies for the integration of various use cases of integrated land management are presented in the following.

The first example is land market control and land concentration assessment. The current institutional and informational systems in both Brazil and Mexico do not allow a rapid and transparent assessment of how much land remains in the hands of a few (individuals, corporates, of States - federal or regional or municipal). While an assessment of the total land distribution would require the complete digitisation and centralisation of land administration information, an identification of the largest landowners and land purchasers per region does not require the complete digitisation of land register entries or the recordation of survey-grade parcel boundaries. Instead, it requires unique identifiers for (corporate) landowners and information on the corporate heads and global ultimate beneficial owners of directly registered entities. The reason is that corporate entities (legal persons) registered as owners often are controlled by corporations owning 51% of the shares of these registered entities. Ownership concentration assessments require new forms of collaboration between land registries and commercial or corporate registers. Yet, this function should be established alongside the digitisation and harmonisation of existing land registry entries. Otherwise, data architectures oriented towards land registration only will not be able to provide the necessary functions for iterative processes of identifying concentration dynamics and developing normative concentration measures and thresholds. The registers could not provide the evidence required for addressing or mitigating accumulation of capital and ownership as can be seen in Germany, where sanctions against undesirable landowners are practically impossible (see also Sommer & Vries 2023).

The other case example addresses the aspect of land rights restrictions. Reasons for lacking enforcement of land right restrictions against illegal activities cannot be discussed here in detail. Yet, an integrative land management approach can link registers and data bases that support public scrutiny and enforcement of restrictions, like public databases that validate sustainability certification and corporate sustainability reporting information. Again, the interconnection between land rights and land restrictions information can be developed alongside land administration modernisation like correct and granular identification of property boundaries, as long as information of the proximity to land conservation areas is registered and connected to landowner information. The accountability of landowners can be increased through two strategies: creating (spatial) data linkages between land use rights and property transfers and providing detailed information on property owners and the ultimate beneficial ownership of registered companies, as well as land rights restrictions stemming, for

example, from land use or environmental protection instruments. And secondly, by increasing the efforts of identifying current owners in areas with ongoing illegal activities. Transparent and accessible land administration information in nature conservation areas or in areas with illegal logging activities could increase public awareness and support the integration of relevant information in corporate ESG ratings.

5.4 Future developments

FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022, advocate integrated land management systems as a key requirement for future territorial development in the LAC region (based on a study developed through a collaboration between the Food and Agriculture Organization (FAO), the Brazilian Cooperation Agency (ABC), and the National Institute of Colonization and Agrarian Reform (Incra).) This study advocates modernization of the current systems by better integration, better electronic services and standardization of models. Cadastro 2034 is a visionary framework proposed for Latin America that aims to transform land administration systems into modern, inclusive, and interoperable platforms. Moving beyond traditional centralised models, it emphasises legal and institutional reform, digital transformation, and the development of a multi-purpose cadastre. The initiative envisions a technically robust, socially inclusive, and institutionally integrated system capable of supporting equitable development and adapting to the diverse territorial realities of the region. By aligning land governance with broader social needs and technological advancements, Cadastro 2034 seeks to empower communities, enhance transparency, and foster sustainable land use.



6. CONCLUSION

The key objective of this investigation was to unveil the current status quo of digitisation and integrating endeavours in land administration and land use planning, rather than creating a theory, guidelines or framework of digital integrated land information management. In this paper, we focused our investigation on current practices and the daily work of practitioners, and how they operate (or can operate) within the current operational and institutional environments. The preliminary results show that in practice digitisation is a balancing act between internal and external forces on the one hand and gradually manoeuvring between what is technically possible and operationally feasible on the other hand. Internal forces hindering major transformations in day-to-day workflows concern vested interests of professional standards and practices, as well as internal territorial or functional mandates. External influences generally concern advocacy agencies with their own information systems and indicator systems which are largely incompatible with existing internal ones. Finding a middle ground requires thus finding a platform or organisation which is not perceived as a threat, major disruption of fundamental change of present mandates and workflow yet one which can be easily connected to existing (information) systems and adopted to ongoing workflows. Finding a good balance between what is desired and possible and what is practically feasible and achievable remains a major challenge. It often resembles playing chess on multiple chessboards, shuffling between disjointed political, (inter-)organizational and (inter-) personal priorities. This process is slow, but necessary to make progress.

From a user or citizen perspective, there is not much interest in how public land information repositories are digitising or integrating, as it is often seen as a black box back-office system. Instead, they would be interested in how the adjustments of this system offer easier points of access (preferably digital and online), provide direct time and regulatory reductions and have better livelihoods.

We are obviously aware that relying on a small number of in-depth interviews and a relatively limited, yet crucial, amount of documented evidence does not generate a full picture and insight into current realities. Nevertheless, the vignettes we presented in this paper offer a first step towards more in-depth investigations into the nudging and adaptation efforts of practitioners towards better integration and digitisation. From the interviews, a picture emerged that practitioners in both land use planning and land administration are very aware of the potential of further digitisation and integration for their daily work and are therefore also looking for multiple informal ways of looking for pragmatic solutions - either in the form of modifications of the data models, or inter-organisational work flows and person-to-person networks. A further investigation should thus rely on a more longitudinal data collection and data analysis strategy, which can better map how information management processes change. For any digitisation process to be successful in the long run, one can either opt for a radical change of government structures (disassembling all structures and starting a new one) or gradually adapting the existing ones. Given the gradual progress that has been made in both

Mexico and Brazil, we argue that the gradual adaptation option is probably going in the right direction. Hence, changing existing institutions, or simply adding a new one with the integration or digitisation mandate in a principal-agent structure with existing institutions, is likely to be counterproductive. Instead, such an institution should act more like a neutral service-oriented platform enabling information exchange and integration. This will also avoid inter-organisational vested interests and politics. The information itself is not value-neutral, as it relates to organisational mandates and reductionist land information perspectives, but the sharing and exchange could be neutral, if all institutions are convinced of mutual benefits, both for themselves as well as for their customers/citizens. From a broader perspective on the governance of land information, it is important to start discussions on how to bring together territorial and sector- or theme-based mandates and the associated information collections.

REFERENCES

- Barnes, G., DiGiano, M. 2014: Land Administration of Communal Land: Lessons from the Ejidos in Mexico. FIG Congress 2014 Engaging the Challenges – Enhancing the Relevance. Kuala Lumpur, Malaysia
- Becerra, L.; Molendijk, M.; Porras, N.; Spijkers, P.; Reydon, B.; Morales, J. 2021: Fit-For-Purpose Applications in Colombia: Defining Land Boundary Conflicts between Indigenous Sikuni and Neighbouring Settler Farmers. *Land*, 10, 382.
- Bennett R., Unger E., Verheij V., Van der Vegt H. Tovmasyan S., Hutabarat I., Gugarats A., Latif, A., Trdat C. 2022: Digital Transformation of Land Administration: Stages, Status, and Solutions, FIG Congress 2022 Volunteering for the future - Geospatial excellence for a better living Warsaw, Poland.
- Deininger, K.; Hilhorst, T.; Zevenbergen, J.; Nkuriziza, E. 2025: Capitalizing on Digital Transformation to Enhance the Effectiveness of Property Institutions. Conceptual Background and Evidence from 85 Countries. Policy Research Working Paper.
- FAO, UNECE, FIG 2022: Digital Transformation and Land Administration Sustainable practices from the UNECE region and beyond. FIG Report.

FAO, ABC/MRE & INCRA, 2022: Estado del arte de los catastros y registros de tierras rurales en América Latina y el Caribe.

Femenia-Ribera, C.; Mora-Navarro, G.; Marques-Perez, I.; Terol, E.; Quiza-Neuto, C. 2025: Diagnosis of the Situation of the Land Administration System in Ibero-America. *Land*, 14, 1376.

Flores-Rozas, D.; Manso-Callejo, M.-Á.; Martínez-Cuevas, S. 2023: Design and Research of a Multipurpose Cadastre for the Development of Smart Communities in Municipalities of Chile. *Environ. Sci. Proc.*, 28, 6.

Hoekema, A., Ubink, J., Assies, W. 2009: Legalising land rights. Local practices, state responses and tenure security in Africa, Asia and Latin America. Leiden University Press.

INEGI 2016: Certification Program of Ejido Rights and Titling of Urban Lots, Presentation at the High Level Forum on United Nations Global Geospatial Information Management Addis Ababa, Ethiopia.

Lindner, C., De Vries, W. T., Dachaga, W. 2024: Digitalisation in land management: perceptions and practices. FIG Commission 5 & 7 Annual Meeting 2024 Geospatial Innovation for Sustainable Rural and Urban Development Kuching, Sarawak, Malaysia

Marra T., 2024 : Brazil Towards a Multipurpose Rural Cadastre. Presentation at the UN GEONOW. UN GGIM meeting in Deqin, China.

Salgado Montes, S. S., Flores L., de Lourdes M., Guevara Romero, M. L 2017: Gestión participativa para mejorar las condiciones de accesibilidad urbana: La Hacienda, Puebla. *Nova scientia*, 9(18), 568-587.

Scanlan, O., de Vries, W. T.; Ho, S., Roth, D. 2025: Managing ‘great expectations’: What can land administration realistically achieve? *Land Use Policy* **159**, 107730

Schumacher M, Durán-Díaz P, Kurjenoja AK, Gutiérrez-Juárez E, González-Rivas DA. 2019: Evolution and Collapse of Ejidos in Mexico—To What Extent Is Communal Land Used for Urban Development? *Land*. 8(10):146.

SEDATU 2025: Lineamientos del Programa de Modernización de los Registros Públicos de la Propiedad y Catastros

UN ECLAC 2014: Montevideo consensus on population and development.

BIOGRAPHICAL NOTES

Claudia Lindner, Walter Timo De Vries, Felicitas Sommer
The role of digital transformation in integrated land management: insights from Latin America

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Dr. Claudia Lindner works as a Land Administration Advisor at Kadaster International engaging in several international projects and providing advisory work focusing on FFPLA, innovative technologies and digitalisation in land administration. A geographer by training, Claudia received her PhD in land administration from the ITC at the University of Twente in 2021. For the 2023–2026 term, she is acting as co-chair of FIG Working Groups 7.6 and 8.4, 'Digital Transformation for Integrated Land Management'.

Prof. dr. ir Walter Timo de Vries, wt.de-vries@tum.de, is full professor and Chair of Land Management at the School of Engineering and Design at the Technical University Munich. His research interests include smart and responsible land management, neocadastres, human geodesy, land consolidation, and vitality, versatility and vulnerability of rural regions.

Dr. Felicitas Sommer is postdoc at the Chair of Land Management at the Technical University Munich and project lead of the consortium project GreenDIA that investigates spatial data, indicators and algorithms for sustainable finance and sustainable planning. She is a legal anthropologist by training and worked extensively on land ownership transparency and state data architectures.

CONTACTS

Claudia Lindner
Kadaster / Kadaster International
Hofstraat 110
Apeldoorn
NETHERLANDS
Email: claudia.lindner@kadaster.nl
Website: www.kadaster.com

Walter Timo de Vries
Chair Land Management
School of Engineering and Design
Technical University of Munich
Arcisstrasse 21
80333 Munich
GERMANY
Email: wt.de-vries@tum.de
Website: <https://www.asg.ed.tum.de/bole/startseite/>

Felicitas Sommer
Chair Land Management
School of Engineering and Design
Technical University of Munich
Arcisstrasse 21
80333 Munich
GERMANY

Email: felicitas.sommer@tum.de

Website: <https://www.asg.ed.tum.de/bole/startseite/>

Towards an Integrated Land Administration Curriculum: leveraging the power of AI to synthesize international and regional guidelines

Simon Antony HULL, South Africa and Menare Royal MABAKENG, Namibia

Key words: land administration, land governance, curriculum development, curriculum guidelines, generative artificial intelligence

SUMMARY

We present a methodology for interrogating and synthesizing published international and regional guidelines relevant for the development of curricula on land administration and governance. Several guidelines have been published by different international and regional bodies. With so many informative resources available, curriculum developers may struggle to determine which ones to use most effectively. Leveraging the power of the latest frontier technology, generative artificial intelligence (GenAI), we use prompt engineering to derive summaries of five such guideline documents, present a synthesized set of guidelines, suggest graduate attributes, a three-year undergraduate curriculum (complete with course outlines and learning outcomes), possible degree names, practical teaching guidelines, entrance requirements, and career pathways. The models we interrogate are the free versions of ChatGPT, Copilot, NotebookLM, Claude.ai, and DeepSeek.

The results are all similar but different. There are some cross-cutting themes and some unique contributions. Each model has its own strengths and peculiarities. We have shown that it is possible, with careful prompting, to use GenAI models to help curriculum developers make sense of multiple guidelines and propose a curriculum outline. Two of the guidelines we used have a strong African focus – curriculum developers from other contexts may supplement these with guidelines relevant to their context.

We note that GenAI is error-prone and caution that human oversight is essential to review, modify, and approve its outputs. Our methodology should be seen as a first step.

Towards an Integrated Land Administration Curriculum: leveraging the power of AI to synthesize international and regional guidelines

Simon Antony HULL, South Africa and Menare Royal MABAKENG, Namibia

1 INTRODUCTION

Land is a central asset in most societies. The effective governance, use, and administration of land resources underpin livelihoods, infrastructure delivery, food security, and climate resilience. However, as challenges related to rapid urbanization, customary tenure recognition, and land-based financing intensify, the demand for professionals who are well-equipped to manage complex land systems is growing (Enemark, 2023). In addition, the Global South sees challenges of legal pluralism and tenure insecurity (Ruffin, 2019). Yet, many higher education institutions lack structured, interdisciplinary, and competency-based curricula tailored to contemporary land administration needs (Chigbu, Tenadu & Mwasumbi, 2017; Chigbu et al., 2021). This hinders the ability to effectively manage the evolving human-land relationships on a global scale.

In response to this capacity gap, several major international and continental bodies have published authoritative guidelines that may be used to steer curriculum development in land-related disciplines. We have chosen five such guidelines:

1. The *Framework and Guidelines on Land Policy in Africa* (AUC-ECA-AfDB Consortium, 2010),
2. *Guidelines for the Development of Curricula on Land Governance in Africa* (AUC & ECA, 2022),
3. *Land and Conflict: Toolkit and guidance for preventing and managing land and natural resources conflict* (EU and UN, 2012)
4. The *Teaching Essentials for Responsible Land Administration* (abridged version) (Enemark, 2023), read in conjunction with the detailed SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats) analysis thereof (Hull et al., 2024).
5. The *Land Administration Domain Model (LADM) in the Classroom* (Lemmen et al., 2025).

While these guidelines provide an invaluable source of information and assistance, the challenge for curriculum developers lies in understanding their purpose and application within their own context. Essentially, we are asking whether it is possible to synthesize the guidelines and propose a generic, adaptable, holistic framework that combines elements of each document.

In this paper, we present a methodology—using current large language models (LLMs)—for synthesizing guidelines and developing a possible university undergraduate-level curriculum for land professionals. Although guidelines 1 and 2 in the list above have a distinctly African

origin and focus, much of the content has universal appeal. Our methodology is intended for a global audience. While the outcomes presented here have relevance to post-colonial contexts, reflecting the scope of the guidelines we chose to use, curriculum developers in other contexts may use the same methodology and draw on guidelines specific to their context.

The rest of the paper is structured as follows: Section 2 presents a summary of each of the guidelines; Section 3 presents our methodology for synthesis; Section 4 presents the results; and Section 5 concludes the paper. Note that in this paper we understand land administration, land management, and land governance as defined and discussed in Hull, Kingwill & Fokane (2020) and Hull (2024).

CURRICULUM DEVELOPMENT GUIDELINES

Land Policy Guidelines

Although the *Framework and Guidelines on Land Policy in Africa* (Land Policy Guidelines) does not deal with curriculum development, land policy represents the highest level of a land administration system (Hull, Kingwill & Fokane, 2020). All other elements (governance, administration, management, tenure, etc.) depend on and are informed by land policy. Land policy “embodies the country’s vision for how land is to be understood, governed and managed, and this vision should filter through all levels of government” (*Ibid.*: 12). Hence, a thorough understanding of land policy is crucial for curricula on land administration.

The Land Policy Guidelines were established to help African governments develop land policies that strengthen land rights, enhance productivity, secure livelihoods, and promote economic growth, poverty alleviation, environmental sustainability, peace and security. It emphasises the need for holistic, comprehensive, inclusive, and participatory national land policies that are effectively implemented through appropriate land administration systems and land governance structures. The Land Policy Guidelines present a strategic foundation for understanding the political economy of land, its historical injustices, and the policy architecture needed for inclusive and sustainable reform. It advocates for land governance rooted in Africa’s historical realities and development goals, calling attention to tenure insecurity, land-based conflict, the recognition of indigenous land rights, and the need for democratic land policy reform. The Land Policy Guidelines are best positioned to inform introductory and policy-oriented courses, setting the contextual and normative tone for curricula.

Land Governance Guidelines

The *Guidelines for the Development of Curricula on Land Governance in Africa* (Land Governance Guidelines) are designed to facilitate the implementation of the African Union Declaration on Land Issues and Challenges (African Union, 2009) by guiding the development of curricula, training, and research programs in land governance across Africa.

Informed by assessments of industry needs and capacity gaps, the document provides 26 specific guidelines covering the evolution of land governance, rural and urban land issues, women's land rights, environmental concerns, conflict resolution, land tenure, land information management systems, and research and innovation.

The Land Governance Guidelines emphasizes that a lack of tailored, responsive curricula has constrained the effectiveness of national land reforms, policy development, and institutional capacity. Moreover, it argues that existing land programs often focus too narrowly on land as a technical object (surveying, valuation) and fail to capture its broader social, gendered, environmental, and political dimensions. Following a multidisciplinary, flexible, and dynamic approach to curriculum reform, the Land Governance Guidelines incorporate evolving issues such as climate change, youth land access, urbanization, and land conflicts, emphasising the need for a strong interdisciplinary approach, flexible learning pathways, and partnerships between universities and the land governance industry. It stresses tailoring education to Africa's unique complexities and equipping professionals with diverse, multidisciplinary skills.

Land and Conflict

Like the Land Policy Guidelines, the Land and Conflict guidance note is not aimed at curriculum development. Instead, it addresses the nexus between land, natural resources, and conflict. It highlights how land-related grievances—often rooted in exclusion, marginalization, and tenure insecurity—can escalate into violent conflict, particularly in fragile states. The document provides a framework for international actors to engage in conflict-sensitive land governance across the conflict cycle: pre-conflict, active conflict, and post-conflict recovery. It emphasizes early intervention, institutional strengthening, and inclusive dispute resolution mechanisms. Key recommendations include integrating land issues into peacebuilding strategies, supporting restitution and durable solutions for displaced populations, and promoting legal recognition of informal tenure.

Land and Conflict underscores the importance of understanding local contexts and power dynamics, advocating for flexible, multi-stakeholder approaches. It serves as a strategic tool for field missions, humanitarian actors, and development agencies working in conflict-affected settings. It takes an inter-disciplinary approach, bridging land professionals with conflict resolution experts and integrating development experience into humanitarian action. While written for UN managers and field staff, its normative core is relevant to curriculum designers who must equip graduates with skills in conflict-sensitive land governance, restitution processes and rights-based practice in fragile contexts.

Teaching Essentials for Responsible Land Administration

The *Teaching Essentials for Responsible Land Administration* (TERLA), developed by the Global Land Tools Network and published on their e-learning site (<https://elearning.gltn.net/>)⁴ in 2019, comprises a set of six modules in support of the development of skills and capacity

⁴ Each module runs to about 70 pages and is only accessible for registered users. For these reasons, we chose to focus on Enemark's abridged version, which is more easily accessible.

for responsible land administration. This is in response to the development of new ideas and practices in the post-colonial era. The modules cover 1) core values and principles, 2) land tenure security, 3) land use planning and management, 4) practical aspects of land administration, 5) land-based finance, and 6) land policy and regulatory frameworks. Enemark (2023) offers an abridged version, providing foundational knowledge and practical guidance for education, research, training, and capacity development. TERLA emphasizes the fit-for-purpose approach (Enemark et al., 2014), the continuum of land rights (UN-HABITAT, 2015), gender-responsive approaches, avoiding one-size-fits-all solutions, and the use of open data and geospatial tools (see e.g. IFAD, 2023).

TERLA is highly pedagogical and forms the instructional backbone of a well-designed curriculum. Yet it is not without its weaknesses and gaps. Hull et al. (2024) have provided a comprehensive review of all six modules, acknowledging TERLA's comprehensive content, its recognition of diverse tenure types, and its linkage to human rights and global agendas as strengths. However, its weaknesses lie in the use of outdated concepts, insufficient definitions, a limited global/rural focus in certain modules, and a static nature. They propose actionable items for revision, including conceptual clarification, expanded case studies, improved accessibility, and dynamic content updates, to ensure TERLA's continued relevance for professional education and training.

LADM in the Classroom

LADM in the Classroom introduces the ISO standard Land Administration Domain Model (LADM) (ISO, 2012; Lemmen, van Oosterom & Bennett, 2015). While not a curriculum development guideline per se, it presents practical ideas for bridging the technical skill gap by illustrating LADM concepts through practical examples, starting with cadastral maps and database representations before moving to abstract Unified Modelling Language (UML) models. It is included in this analysis because it provides a technically grounded model for teaching spatial, legal, and administrative components of land information systems through practical, case-based learning.

LADM in the Classroom supports the development of effective, sustainable land administration systems by structuring information about people-to-land relationships, including formal, informal, and customary rights, valuation, and spatial planning. It also highlights ongoing developments in LADM Edition II, which includes 3D land administration, marine space geo-regulations, and expanded valuation and spatial plan information. It complements the other guidelines by offering a fully simulated land administration systems environment, including cadastral databases, tenure case scenarios, valuation processes, and transaction management.

METHODOLOGY

We synthesized the documents using the latest 'frontier technology', generally referred to as artificial intelligence or AI but, more specifically, we relied on Large Language Models (LLMs). These are a type of generative AI (GenAI) that is trained on vast amounts of text to generate natural sounding, written responses. LLMs use machine learning to process text and

learn the relationships between words, concepts, and grammatical structures. They hence predict the likeliest combinations of words to use in response to a prompt.

Working effectively with GenAI tools requires clear input from the user to ensure that the desired output is received. Prompt engineering and prompt priming (Kuka, 2025a,b) are creative and iterative processes for this. Prompt engineering is the process of framing the input (prompt) and refining this to get the best results. Prompt priming helps to shape the tone and nature of the response. Careful prompting is important because, while GenAI can produce believable and human-like responses, the user must remember that its responses are entirely based on predictions derived from the textual patterns in its training dataset. This can contain biases, so careful prompting is necessary to guide the model to more accurate, relevant outputs (Bali, 2024).

There are many frameworks to guide prompt priming. The CREATE framework (Walia, 2023) asks users to specify the Context within which the query is situated, the desired Result, an Explanation of the request, the target Audience, the Tone to use in the reply, and highlights the importance of Editing and refining the results. The RICCE framework (Hutchinson, 2023) asks users to specify the Role the GenAI should assume in its response, provide detailed Instructions to guide it, the Context within which the query is situated and any Constraints it should be aware of, and Examples on which it can base its response. After some experimentation with prompts engineered around these frameworks, we decided to ask ChatGPT to evaluate our prompt and suggest a suitable prompt primer framework. It suggested the RICE + SC (Sources and Constraints) framework. Sources are the documents we were basing our analysis on (reviewed above) while Constraints gives the model specific instructions on things such as word length, bullet points vs paragraphs, describing any assumptions it has made or limitations it has encountered. The resultant prompt, written by ChatGPT and refined by us, appears as Figure 1.

Since the outputs of GenAI are not replicable (i.e. it generates a unique response every time, even off the same prompt), we sought to triangulate the results by using several models. We interrogated the free versions⁵ of OpenAI's ChatGPT, Google's NotebookLM, Microsoft's CoPilot, High-Flyer's DeepSeek, and Anthropic's Claude.ai. Each of these is trained on different datasets comprising public and proprietary data (although there are likely overlaps, especially in publicly available data). Proprietary data refers to datasets for which the developers have licensing deals. Each model is also developed with particular objectives, e.g. Claude.ai emphasizes harmlessness, safety and interpretability, while Copilot is fine-tuned for code generation and productivity. Thus, by using the same prompt in different models, we aimed to reduce model bias and generate multiple outputs for human comparison (acknowledging that humans are not without bias either!).

Using the free versions of these models also posed challenges as most would not allow us to upload more than three documents at once. (The notable exception is NotebookLM, which allows the upload of up to 30 documents at a time. The downside is that it does not remember conversations like the other models do.) To get around this limitation, we gave the models links to the online versions of the guidelines.

⁵ We restricted our use to the free versions on the assumption that this is how most people access generative AI.

Role: You are an experienced academic curriculum designer and land governance specialist with strong knowledge of African and post-colonial land administration contexts.

Instruction: Using the six URLs below (treat links 4 and 5 as one combined resource), produce the following deliverables in order (pause after each deliverable to allow me time to review and respond):

- Executive summary (≥ 100 words each) for each of the **five** documents (4+5 combined = one), followed by a comparison table (columns: Document, Purpose, Approach, Target, Key recommendations, Year).
- A synthesized set of **10 themes** for land governance curricula, each theme containing **2–4 numbered guidelines**. After each guideline indicate the source(s) in parentheses. Include a short paragraph explaining the synthesis logic.
- A complete three-year undergraduate curriculum (6 semesters). Start with 6–10 graduate attributes. For each semester list 4 courses (course code & title; each course 15 credits). For each course provide:
 - Course outline (1 short paragraph)
 - Core content topics (bulleted)
 - 4–6 measurable learning outcomes using action verbs
 - A short note (1–2 sentences) on articulation with other courses
 - A mapping table that links each course's outcomes to the graduate attributes. Also compute total credits and notional hours (show arithmetic).
- Suggest three degree names and give practical teaching guidelines (assessment mix, fieldwork/WIL, staff/resourcing, inclusive pedagogy).
- Propose entrance requirements modelled on Cambridge International A-Levels (minimum subjects & grades) and alternatives (mature students, diploma articulation).
- Where might prospective graduates find employment? List up to five options with a short paragraph describing their typical job. Also discuss whether professional accreditation is advisable and if so with whom.

Sources: [web addresses of the six documents, or uploaded pdf versions]

Source handling instruction: If you have web access, check for updated versions/errata for these documents and cite any updates.

Constraints:

- Each executive summary ≥ 100 words.
- The curriculum must total 360 credits (24 courses $\times$ 15 credits) and compute notional hours (credits $\times$ 10). Show the math.

- Provide a comparison table and a mapping matrix (course outcomes $\rightarrow$ graduate attributes)

Figure 1. Prompt for GenAI devised by ChatGPT (with edits by the authors)

RESULTS

Executive summaries

The executive summaries have already been presented in Section above. These were written by the models and compiled by us with some edits and additions. Each of the models tested did a good job of summarizing each document, even to the extent of treating the abridged TERLA and the TERLA SWOT as one source. Comparing the models' outputs was a useful first step to make sure that the models had read and understood the provided sources.

Synthesized guidelines

Table 1 presents the integrated curriculum guidelines synthesized into ten themes by each of the models we interrogated. Each theme includes two to four guidelines (not presented here due to space limitations). There are similarities across the outputs, with foundations of land policy and governance, land tenure systems and security, legal pluralism, dispute resolution, land administration systems and technologies, land economics and valuation, social equity, environmental and sustainability concerns, ethics and professionalism, and aspects related to research and professional development appearing as common themes. ChatGPT was alone in mentioning equity of access, LADM, pro-poor practices, HLP (housing, land and property) protection, and WIL (work-integrated-learning); NotebookLM specifically mentioned rural and urban land governance, and women's land rights; while DeepSeek specifically mentioned fit-for-purpose land administration and interdisciplinarity. What Table 1 shows is that these GenAI tools can be effectively used to combine several published curriculum guidelines into one cohesive set for curriculum development.

Table 1. Synthesized thematic guidelines per AI model

Theme	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
1	Policy, Governance and Institutional Reform	Land Policy and Legal Frameworks	Foundational Principles of Responsible Land Governance	Legal and policy frameworks	Foundations of land policy and governance
2	Tenure Security, Rights and Equity	Tenure Systems and Rights	Land Tenure Security and the Continuum of Rights	Land tenure systems and security	Land, social equity, and human rights
3	Legal Pluralism, Dispute Resolution and Equity of Access	Land and Conflict	Land Policy and Regulatory Frameworks	Land administration systems and technology	Land law and legal pluralism
4	Land Information Systems, Standards and the LADM	Land Administration Systems	Capacity Development and Land Governance Education	Spatial planning and land use management	Land information systems and geospatial technology
5	Technical Surveying, Geomatics and Digital Practice	Land Information and Geospatial Technologies	Land Administration Systems and Information Management	Economic dimensions and land markets	Fit-for-purpose land administration

Theme	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
6	Social Dimensions, Participatory Methods and Pro-poor Practice	Land Use Planning and Urbanization	Addressing Land Conflicts and Grievances	Social equity and inclusion	Land economics and valuation
7	Conflict Sensitivity, Displacement and HLP Protection	Land Economics and Valuation	Environmental Sustainability and Climate Change in Land Governance	Environmental sustainability and natural resource management	Land use planning and management
8	Ethics, Professionalism and Regulation	Governance, Institutions, and Ethics	Urban and Rural Land Governance & Development	Conflict prevention and resolution	Land conflict prevention, mediation, and resolution
9	Sustainability, Land Use and Environmental Stewardship	Climate Change and Environmental Sustainability	Gender Equity and Women's Land Rights	Institutional development and governance	Professional ethics, leadership, and change management
10	Pedagogy, WIL and Quality Assurance	Pedagogy, Research, and Capacity Development	Research, Innovation, Monitoring, and Evaluation	Research methods and professional practice	Research methods and interdisciplinary practice

Curriculum framework

Graduate Attributes

Table 2 presents the graduate attributes proposed by each GenAI model. Critical thinking, interdisciplinarity, ethics and responsibility, technical proficiency, legal literacy, communication and research skills, community engagement, and professionalism and leadership are some common themes.

Table 2. Graduate attributes (GA) per AI model

GA	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
1	Analyse policy & governance	Apply interdisciplinary knowledge	Analytical and Problem-Solving Skills	Critical analysis and problem-solving	Critically analytical
2	Secure tenure & ensure equity	Demonstrate ethical and inclusive practice	Ethical and Responsible Practice	Technical competency	Technically proficient
3	Manage legal pluralism & dispute resolution	Use geospatial technologies	Technical Competence	Legal and policy literacy	Legally astute
4	Competently use technical & geospatial tools	Critically analyse land-related conflicts	Policy and Legal Acumen	Social equity and inclusion	Ethically grounded
5	Apply ethical and conflict-sensitive approaches	Communicate effectively	Participatory and Inclusive Engagement	Communication and stakeholder engagement	Equity-focused
6	Integrate sustainability & land use planning	Conduct applied research	Sustainable Resource Management	Ethical professional practice	Effective communicators

GA	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
7	Demonstrate professionalism & leadership	Engage with policy and institutional frameworks	Conflict Resolution and Peacebuilding	Research and lifelong learning	Solution-oriented
8	Facilitate participation & community engagement	Adapt to diverse African contexts	Innovation and Research	Integrate environmental and land governance considerations	Interdisciplinary practitioners
9	Design and execute research, analysis, and communicate results	Promote gender equity and social justice			
10	Demonstrate workplace readiness & commitment to lifelong learning	Demonstrate professional competence			

Curriculum structure

Each of the models tested was able to produce a detailed curriculum including four courses per semester (Table 3), a brief course outline, learning outcomes, and articulation with other courses and graduate attributes. Year one focusses on foundational topics in land administration and governance, year two brings in intermediate competencies, while year three shifts to job-readiness, integration, and capstone subjects.

Table 3. Courses per semester

Semester	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
1	Introduction to land governance	Introduction to land governance	Introduction to responsible land administration	Introduction to land governance	Introduction to land governance and policy
	Legal systems and land rights	Legal systems and land rights	Evolution of land governance in Africa	Legal foundations of land rights	Introduction to law and legal systems
	Fundamentals of surveying & geomatics	Fundamentals of geospatial science	Principles of land tenure security	Introduction to surveying and mapping	Geospatial fundamentals for land administration
	Academic writing and research skills	Society, culture and land	Geospatial foundations for land administration	Maths and stats for land governance	Academic literacy and research writing
2	Comparative land policy and reform	Land policy and institutions	Land policy and regulatory networks	Land tenure systems and security	Land tenure systems and legal pluralism

Semester	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
3	Society, land & power	Tenure systems and land access	Land administration processes and information systems	Social dimensions of land governance	Social research methods
	Intro to GIS for land applications	GIS for land administration	Participatory land-use planning and management	GIS and remote sensing	GIS and cartography
	Ethics and professionalism	Ethics and professional practice	Women's land rights and gender equality	Environmental dimensions of land governance	Land economics and markets
	Cadastral systems and land registration	Land administration systems	LADM	Cadastral systems and land registration	Cadastral and land surveying principles
	Remote sensing for land management	Participatory land use planning	Land and conflict resolution	Land law and policy analysis	Land law and policy
	Land economics and valuation	Land economics and valuation	Land-based financing for development	Land valuation and economics	Land, gender and marginalised groups
	Statistics and research methods	Research methods in land governance	Fit-for-purpose land administration	Spatial planning and land use management	Urban land governance and planning
	Environmental management for sustainable land use	Environmental governance and climate change	Environmental management and climate change	Institutional development and governance	Natural resources and climate change
	Customary tenure and indigenous land systems	Land, conflict and mediation	Land governance in rural areas	Conflict resolution and dispute management	Land conflict management and alternative dispute resolution
	Urban land management	Land-based finance and taxation	Professional ethics and stakeholder engagement	Gender, social equity, and inclusive land governance	Professional practice and ethics
4	GIS and spatial analysis	Land information technology and LADM	Urban and peri-urban land governance	Land information systems and technology	Land information systems and LADM
	Field practicum	Capstone project	Research methods	Research methods and data analysis	Fit-for-purpose land administration
	Land policy, institutions, and reforms	Comparative land policy in Africa	Advanced land information management systems	Land markets and investment	Land governance and public policy
5	Project management for land professionals	Urbanisation and informal settlements	Land valuation and taxation	Professional practice and ethics	Land valuation and taxation

Semester	ChatGPT	Copilot	NotebookLM	Claude.ai	DeepSeek
6	Land disputes, conflict, and mediation	Land governance project management	Land law and land rights	Elective	Elective
	Capstone project	Curriculum and capacity development in land	Capstone project	Capstone project	Research project
		Gender, land and social justice	International land governance and development partners	Contemporary issues and future directions	
	Elective	Land governance and public policy	Applied land governance practicum	WIL placement	WIL (field attachment)
	Professional ethics and leadership	Internship / WIL	Digital transformation in land administration	Professional portfolio development	

Degree names and teaching guides

Suggested degree names

All models suggested combinations of names that included land administration and/or land governance. Some added ‘geospatial systems’, ‘land policy’, or ‘management’. Most suggested a ‘Bachelor of ...’ except NotebookLM, which suggested a ‘BSc in...’. Copilot and DeepSeek suggested ‘Bachelor of...’, ‘BSc in...’ and ‘BA in...’. The most common degree name suggested was ‘Bachelor of Land Administration and Governance’. Of this name suggestion, Claude.ai said, “This title clearly identifies the core focus on governance aspects while acknowledging the technical administration components. The term ‘governance’ emphasizes the multidisciplinary, policy-oriented nature of the program, appealing to students interested in both technical and social dimensions.”

Practical teaching guidelines

The models suggested moving “beyond high-stakes examinations” (DeepSeek) and towards a balanced mix of assessment types. These include formative assessments (such as quizzes, presentations, discussion forums), summative assessments (such as essays, technical practicals, portfolios, and research project), and examinations that test legal and theoretical knowledge. A combination of individual and group assessments should be used “to develop both independent thinking and collaborative skills essential for professional practice” (Claude.ai). NotebookLM suggested an “active learning approach” that includes project-based assignments as a core component of problem-based learning. All the models stressed the importance and value of incorporating case studies into teaching and assessment.

According to DeepSeek, “Fieldwork is not an add-on but a core pedagogical requirement.” Claude.ai concurs, saying that fieldwork should be “integrated throughout the curriculum rather than concentrated in specific courses”, citing a minimum requirement of 240 notional

hours distributed across all three years. Copilot suggested a minimum of 120 notional hours of fieldwork in years two and three. ChatGPT suggested that students engage in short observational visits to government agencies such as the surveyor general's office and land registry in year one, a two-to-four-week practical community-based data collection project in year 2, and an extended internship in year three.

All models called for a mix of staff that includes experts in law, geospatial science (surveying), planning, development studies, economics, anthropology, policy, and public administration. Some models suggested including guest lecturers from government, private practice, and NGOs to give examples and case studies on current practice. Resources required include a dedicated GIS lab, surveying equipment, and specialized software, with technical support staff.

Entrance requirements, career pathways and accreditation

We asked the models to use the Cambridge International secondary curriculum as a guideline for proposing entrance requirements to the degree, since Cambridge is an internationally recognized and respected curriculum. It offers flexibility and choice with a focus on developing critical thinking and independent learning. All models suggested that prospective students should have studied Geography, Mathematics and Economics. Social sciences (History and Law) also featured strongly, along with Environmental Studies. Most models suggested a minimum C grade (60%-69%) with some suggesting Bs (70%-79%) for some subjects.

Possible graduate pathways suggested includes government land administration agencies, private surveying firms, international development agencies, land rights advocacy, land consultancies, and academia. All models agreed that professional accreditation is desirable, though the "relevance depends on the graduate's chosen career pathway" (ChatGPT). Suggested accreditation bodies include national professional surveying/geomatics and planning councils and the Royal Institute of Chartered Surveyors. The endorsement of international professional associations and regional networks such as the FIG and NELGA could be beneficial for enhancing credibility and providing legitimacy.

CONCLUSION

Following a modified RICCE prompting strategy (Hutchinson, 2023), we have successfully enlisted the support of five different generative AI models to synthesise five different sets of guidelines that can be used to inform curriculum development for land professionals (see Table 1). The models each prepared an undergraduate curriculum (Table 3) complete with graduate attributes (Table 2) and learning outcomes. The output from each model is far more detailed than that presented here.

Each model had its own strengths and peculiarities. We found that ChatGPT became 'distracted' and had to be reminded about the task. NotebookLM could not accept the long prompt that we devised (Figure 1), requiring us to enter a new prompt for each deliverable. DeepSeek stopped halfway due to excess traffic on its server, but we were able to restart it fairly quickly. Copilot and Claude.ai both followed the instructions without any glitches, with Claude.ai in particular impressing us with its speed and level of detail.

The synthesis of these guidelines results in a robust, forward-looking, policy-aligned curriculum that prepares graduates to not only function in existing land administration systems but to become agents of reform and innovation in their respective countries. This paper showcases how existing guidelines may be synthesized to produce a coherent land administration curriculum with the help of AI. This is a starting point, and Human Intelligence is needed to complete the task. The methodology presented may assist curriculum developers to make sense of the vast resources at their disposal and tailor them to their specific needs using the power of AI. The next steps would be for curriculum developers to use Human Intelligence to interpret the models' outputs (noting that generative AI is not error-free) and refine them according to their specific needs.

REFERENCES

- African Union. 2009. DECLARATION ON LAND ISSUES AND CHALLENGES IN AFRICA. Available: https://archive.uneca.org/sites/default/files/uploaded-documents/LPI/au_declaration_on_land_issues_eng.pdf [2025, August 30].
- AUC & ECA. 2022. *Guidelines for the Development of Curricula on Land Governance in Africa*. Available: <https://nelga.uneca.org/wp-content/uploads/2022/08/Guidelines-for-the-Development-of-Curricula-on-Land-Governance-in-Africa-2.pdf> [2025, April 23].
- AUC-ECA-AfDB Consortium. 2010. *Framework and Guidelines on Land Policy in Africa. Land policy in Africa: A framework to strengthen land rights, enhance productivity and secure livelihoods*. Addis Ababa, Ethiopia: UN-ECA.
- Bali, M. 2024. *Where are the crescents in AI?* Available: <https://blogs.lse.ac.uk/highereducation/2024/02/26/where-are-the-crescents-in-ai/> [2025, August 30].
- Chigbu, U.E., Tenadu, K. & Mwasumbi, A. 2017. Curriculum reform in land governance education: The need for transforming existing curricula in Africa. In *2017 World Bank Conference on Land and Poverty - Land governance in an interconnected world*. Washington, D.C.: World Bank. 1–23. Available: https://www.researchgate.net/profile/Uchendu-Chigbu/publication/315455522_Curriculum_Reform_in_Land_Governance_Education_The_Need_for_Transforming_Existing_Curricula_in_Africa/links/58d0a7cea6fdcc344b0c12d8/Curriculum-Reform-in-Land-Governance-Education-T.
- Chigbu, U.E., Enemark, S., Mabakeng, M.R., du Plessis, J., Mitchell, D., Sait, S.M. & Zevenbergen, J. 2021. Structured Knowledge Base and Teaching Essentials on Responsible Land Administration : Assessment of Uses and Users. In *FIG e-Working Week 2021: Smart surveyors for land and water management - challenges in a new reality* Working Week. Online: International Federation of Surveyors (FIG). Available: <https://vbn.aau.dk/en/publications/structured-knowledge-base-and-teaching-essentials-on-responsible->.

- Enemark, S. 2023. *Teaching Essentials for Responsible Land Administration: Summary and guidance for education, research and capacity development*. P. Mundy, Ed. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme.
- Enemark, S., Bell, K., Lemmen, C. & McLaren, R. 2014. *Fit-for-Purpose Land Administration*. S. Enemark, Ed. Copenhagen: International Federation of Surveyors. Available: www.fig.net [2019, March 21].
- EU and UN. 2012. *Land and Conflict: Toolkit and guidance for preventing and managing land and natural resources conflict*. New York: United Nations Interagency Framework Team for Preventive Action. Available: https://www.un.org/en/land-natural-resources-conflict/pdfs/GN_Land%20and%20Conflict.pdf [2025, September 04].
- Hull, S.A. 2024. All for one and one for all? Exploring the nexus of land administration, land management and land governance. *Land Use Policy*. 144:107248. DOI: 10.1016/j.landusepol.2024.107248.
- Hull, S., Mabakeng, R., Rugema, M., Wiejak-Roy, G., Kingwill, R. & Chigbu, E.U. 2024. *Teaching Essentials for Responsible Land Administration: Considerations for future education and training*. Copenhagen, Denmark. Available: https://fig.net/organisation/comm/2/library/articles/c2_TERLA-SWOT-PositionPaper.pdf [2025, January 23].
- Hull, S.A., Kingwill, R. & Fokane, T. 2020. *An Introduction to Land Administration*. Cape Town: LandNNEs. DOI: 10.13140/RG.2.2.29539.17442.
- Hutchinson, R. 2023. *Harnessing the Power of the RICE Framework for Perfect ChatGPT Prompts*. Available: https://www.geeky-gadgets.com/harnessing-the-power-of-the-rice-framework-for-perfect-chatgpt-prompts/#google_vignette [2025, September 05].
- IFAD. 2023. *Frontier Technologies for Securing Tenure: a review of concepts, uses and challenges*. O. Mundy, Ed. Rome, Italy: International Fund for Agricultural Development. Available: <https://www.ifad.org/en/web/knowledge/-/frontier-technologies-for-securing-tenure-a-review-of-concepts-uses-and-challenges>.
- ISO. 2012. *ISO 19152:2012(en) Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM)*. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:19152:ed-1:v1:en> [2023, July 10].
- Kuka, V. 2025a. *Introduction to prompt engineering*. Available: https://learnprompting.org/docs/basics/prompt_engineering [2025, August 30].
- Kuka, V. 2025b. *Prompt priming: setting context for AI*. Available: https://learnprompting.org/docs/basics/priming_prompt [2025, August 30].
- Lemmen, C., van Oosterom, P. & Bennett, R.M. 2015. The Land Administration Domain Model. *Land Use Policy*. 49:535–545. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.01.014.
- Lemmen, C., Chipofya, M., Da, A., Mano, S., Kara, A., Huera, D.U., Van Oosterom, P., Kalogianni, E., et al. 2025. *LADM in The Classroom*. Denmark: International Federation of Surveyors (FIG), University of Twente, Delft University of Technology, and Kadaster.
- Ruffin, F. 2019. Land Governance in the Context of Legal Pluralism: Cases of Ghana and Kenya. In *Trajectory of Land Reform in Post-Colonial African States. Advances in African*

- Economic, Social and Political Development*. A. Akinola & H. Wissink, Eds. Cham: Springer. 91–108. DOI: 10.1007/978-3-319-78701-5_7.
- UN-HABITAT. 2015. *PROPERTY THEORY, METAPHORS AND THE CONTINUUM OF LAND RIGHTS*. Victoria Quinlan, Ed. Nairobi, Kenya: UNON, Publishing Services. Available: https://fig.net/resources/publications/GLTN/Property_Theory_Metaphors_andthe_Continuum_of_Land_Rights.pdf [2025, April 17].
- Walia, A.S. 2023. *ChatGPT Power Prompts Cheatsheet-C.R.E.A.T.E Framework For Prompting*. Available: <https://medium.com/aimonks/chatgpt-power-prompts-cheatsheet-c-r-e-a-t-e-framework-for-prompting-b852b2b9b248> [2025, September 04].

BIOGRAPHICAL NOTES

Simon Hull is an Associate Professor in Geomatics at the University of Cape Town, where he has lectured since 2012. He is a registered South African Professional Land Surveyor and holds a PhD in customary land tenure reform. His Masters research was on digital close-range photogrammetry. With professional experience in marine surveying and secondary education in rural KwaZulu-Natal, his interdisciplinary background informs his teaching and research. His current work explores land tenure, land administration, and cadastral systems, with a focus on geospatial solutions for securing land rights and advancing the Sustainable Development Goals.

Menare Royal Mabakeng is a lecturer in Land Administration at Namibia University of Science and Technology, pursuing a PhD in Spatial Sciences. Her research focuses on using open land data to improve tenure security and support participatory informal settlement upgrading, particularly for women and youth.

CONTACTS

Simon Hull

University of Cape Town, Division of Geomatics

Private bag X1

Rondebosch

Cape Town

SOUTH AFRICA

7701

Phone: + 27 21 650 3574

E-mail: simon.hull@uct.ac.za

Website: <https://ebe.uct.ac.za/geomatics>

Menare Royal Mabakeng
Department: Land and Spatial Sciences,
Namibia University of Science and Technology
Windhoek
NAMIBIA
T: +264 61 207 2184
E: rmabakeng@nust.na
W: www.nust.na

Simon Hull and Royal Mabakeng

Towards an Integrated Curriculum for Land Administration and Management: Synthesizing International Guidelines for Higher Education

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDN, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Acceso de las Mujeres a la Tierra en el Área Rural del Uruguay

Daniela CUENTAS LUJAN y Rosario CASANOVA, Uruguay

Palabras clave: Mujeres, Acceso a la Tierra, Área Rural, Uruguay

RESUMEN

La tierra constituye un recurso esencial para el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades rurales. En Uruguay, la organización del territorio ha estado históricamente vinculada a procesos de colonización agraria, explotación productiva y acceso a la vivienda en el medio rural. Dentro de este marco, las mujeres rurales han desempeñado un papel central, aunque por mucho tiempo invisibilizado en las políticas públicas. La necesidad de garantizar la igualdad en el acceso a la tierra se ha convertido en un tema prioritario, en consonancia con compromisos internacionales como la Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (CEDAW) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (particularmente el ODS 5 sobre igualdad de género y el ODS 15 sobre gestión sostenible de los ecosistemas terrestres). El presente artículo se centra en analizar la situación del acceso de las mujeres a la tierra rural en Uruguay, a partir de la experiencia de los organismos públicos más relevantes —el Instituto Nacional de Colonización (INC) y el Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR)—, complementada con iniciativas comunitarias y privadas. El objetivo es identificar avances, limitaciones y aprendizajes en este proceso, con énfasis en el papel de las políticas públicas en la construcción de autonomía patrimonial y en la transformación del rol de las mujeres como jefas de hogar.

Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Acceso de las Mujeres a la Tierra en el Área Rural del Uruguay

Daniela CUENTAS LUJAN y Rosario CASANOVA, Uruguay

1. CONTEXTO NORMATIVO Y POLÍTICO EN URUGUAY

El acceso a la tierra en Uruguay se encuentra regulado por un entramado normativo que combina disposiciones históricas con reformas recientes orientadas a la equidad de género y al desarrollo sostenible.

En primer lugar, la Ley N.º 11.029 de 1948 dio origen al Instituto Nacional de Colonización (INC), organismo responsable de adquirir y adjudicar tierras con fines productivos y sociales. La norma establece criterios para facilitar el acceso a la tierra a familias rurales, trabajadores agrarios y pequeños productores, promoviendo el arraigo en el medio rural.

En relación con la igualdad de género, la Ley N.º 19.781 de 2019 introdujo un avance significativo al consagrar la titularidad conjunta de la tierra adjudicada por el INC, de modo que los derechos de propiedad recaigan de forma igualitaria en ambos integrantes de la pareja. Esta disposición busca corregir una histórica asimetría en la que, en la mayoría de los casos, las adjudicaciones quedaban únicamente a nombre de los varones.

Asimismo, la Ley N.º 19.577 de 2018 sobre violencia basada en género incorpora la dimensión patrimonial como forma de desigualdad estructural, reconociendo que el acceso a la tierra y a la vivienda constituye un factor determinante para la autonomía de las mujeres.

A nivel internacional, Uruguay es signatario de la CEDAW (1979), que obliga al Estado a garantizar la igualdad de derechos en el acceso a la propiedad y a los recursos productivos. En el mismo sentido, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 5 (Igualdad de Género) y el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), orientan las políticas públicas hacia un modelo de desarrollo inclusivo y sostenible.

En síntesis, el marco normativo uruguayo combina instrumentos de larga data, vinculados al desarrollo rural y la colonización agraria, con normativas recientes que refuerzan la perspectiva de género y el cumplimiento de compromisos internacionales. Este contexto constituye el fundamento legal e institucional sobre el cual se analiza la experiencia de acceso de las mujeres a la tierra en el país.



Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

2. INSTITUCIONES CLAVE Y MODALIDADES DE ACCESO A LA TIERRA

El acceso a la tierra en Uruguay se canaliza a través de distintos mecanismos institucionales, siendo los principales el Instituto Nacional de Colonización (INC) y el Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR). A ellos se suman otras formas de organización, como las cooperativas de vivienda y experiencias privadas o comunitarias.

3.1 Instituto Nacional de Colonización (INC)

El INC tiene como misión adquirir, administrar y adjudicar tierras rurales con fines de colonización, procurando su explotación racional y la radicación de familias trabajadoras. Su accionar se centra en la adjudicación de fracciones productivas, priorizando a los asalariados rurales y a quienes carecen de tierra propia.

En los últimos años, el INC ha incorporado una perspectiva de género en sus procesos, impulsada por la Ley 19.781, que establece la obligatoriedad de la titularidad conjunta. Esto garantiza que tanto hombres como mujeres integren la propiedad formal de los predios adjudicados, reduciendo desigualdades históricas.

En total fueron 12 mujeres las beneficiarias de tres predios del Instituto Nacional de Colonización donde desarrollarán apicultura, horticultura y producción de ovinos y vacunos. Se trata de la primera convocatoria exclusiva para mujeres rurales que lleva adelante el organismo.

2.2 Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR)

MEVIR, creado en 1967, se focaliza en mejorar las condiciones habitacionales de la población rural y de pequeñas localidades del interior del país. Su modalidad de acción se basa en la construcción por ayuda mutua, donde las familias participan activamente en la edificación de sus viviendas.



Si bien su eje inicial fue la vivienda, con el tiempo MEVIR ha incorporado la entrega de unidades productivas y la mejora de infraestructuras comunitarias (galpones, tajamares, servicios básicos), consolidando su impacto en el desarrollo rural. Para las mujeres, MEVIR ha representado una vía de acceso no solo a la vivienda, sino también a la titularidad compartida y a la integración comunitaria, fortaleciendo su papel como jefas de hogar.

2.3 Cooperativas de vivienda y ayuda mutua

Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Otro mecanismo de acceso es la organización en cooperativas de vivienda —urbanas y rurales— que funcionan bajo la Ley de Vivienda de Interés Social. Estas experiencias promueven la participación activa de mujeres en los procesos de planificación y construcción, favoreciendo modelos colectivos de propiedad y gestión.



2.4 Modalidades privadas y comunitarias

Existen también formas privadas de acceso a la tierra, como la compra directa o la herencia. Sin embargo, estas modalidades suelen estar atravesadas por desigualdades patrimoniales y culturales que históricamente han limitado el acceso de las mujeres a la propiedad. En contrapartida, algunas organizaciones de la sociedad civil y proyectos de desarrollo han impulsado experiencias comunitarias con enfoque de género, que buscan ampliar las oportunidades para mujeres rurales jóvenes y jefas de hogar.

En conjunto, estas instituciones y modalidades configuran un entramado de oportunidades y limitaciones que marcan el camino de las mujeres hacia la propiedad y el uso de la tierra en Uruguay.

3. MUJERES Y ACCESO A LA VIVIENDA Y LA TIERRA

El acceso de las mujeres rurales a la vivienda y a la tierra en Uruguay ha atravesado un proceso de transformación progresiva durante las últimas décadas. Tradicionalmente, la propiedad y la titularidad de los predios recaía mayoritariamente en los varones, mientras que las mujeres quedaban relegadas al rol de acompañantes o co-titulares informales sin reconocimiento legal.

3.1 Evolución histórica

En las primeras etapas de funcionamiento del Instituto Nacional de Colonización (INC) y de MEVIR, la titularidad de la tierra y las viviendas se registraba de forma casi exclusiva a nombre de los hombres. Esta situación respondía a un patrón cultural patriarcal que vinculaba la propiedad de la tierra con la figura masculina del jefe de hogar.



La aprobación de la Ley 19.781 marcó un quiebre en esta lógica, ya que estableció la obligatoriedad de la titularidad conjunta en los procesos de adjudicación de tierras por parte del INC. Con ello, las mujeres comenzaron a figurar en igualdad de condiciones como propietarias legales, asegurando sus derechos patrimoniales y evitando situaciones de vulnerabilidad frente a separaciones, viudez o conflictos familiares.

3.2 Tendencias recientes

En los últimos años, los registros de MEVIR muestran un aumento significativo en el número de mujeres inscriptas como solicitantes principales de viviendas rurales. Esta tendencia evidencia un cambio en la dinámica familiar, en la que las mujeres asumen cada vez más frecuentemente el rol de jefas de hogar y responsables directas de la gestión habitacional. Asimismo, se observa un mayor protagonismo de las mujeres en las cooperativas de vivienda por ayuda mutua, donde desempeñan funciones de liderazgo en la organización comunitaria, la administración de recursos y la planificación de proyectos.

3.3 Impactos en la autonomía femenina

El acceso formal a la tierra y a la vivienda ha fortalecido la autonomía patrimonial de las mujeres rurales, permitiéndoles no solo asegurar condiciones de vida dignas para sus familias, sino también participar en procesos productivos y comunitarios. Este avance contribuye a reducir las brechas de género en el medio rural, favorece la permanencia de la población en el territorio y refuerza la cohesión social.

En síntesis, las políticas recientes y el creciente involucramiento de las mujeres en los programas de acceso a la tierra y la vivienda han transformado su papel en el medio rural, consolidando un cambio cultural hacia la igualdad en la titularidad y gestión de los recursos productivos y habitacionales.

4. DESAFÍOS Y APRENDIZAJES

Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

El análisis del acceso de las mujeres a la tierra en Uruguay evidencia avances significativos en materia de igualdad de género, pero también revela una serie de obstáculos que persisten y que limitan el pleno ejercicio de sus derechos patrimoniales.

4.1 Desafíos pendientes

14. **Formalización de la tenencia:** aunque la Ley 19.781 garantiza la titularidad conjunta en las adjudicaciones del INC, aún existen casos de informalidad o situaciones previas en las que las mujeres no figuran como copropietarias. La actualización de registros catastrales y notariales continúa siendo un desafío clave.
15. **Acceso al crédito y financiamiento:** las mujeres enfrentan mayores dificultades para acceder a crédito productivo y a instrumentos financieros que permitan aprovechar la tierra como recurso económico. Esto limita la capacidad de transformar la titularidad en oportunidades de desarrollo sostenible.
16. **Brechas culturales y educativas:** persisten patrones socioculturales que asocian la propiedad de la tierra al varón, lo que restringe el reconocimiento social y simbólico de la mujer como propietaria y productora. Asimismo, la falta de formación técnica y jurídica en muchos ámbitos rurales condiciona el pleno aprovechamiento de los derechos adquiridos.
17. **Datos desagregados por género:** la ausencia de estadísticas sistemáticas que reflejen de forma diferenciada la participación de mujeres y hombres en los procesos de adjudicación y propiedad dificulta la elaboración de políticas basadas en evidencia.

4.2 Aprendizajes relevantes

- **Importancia de la normativa:** la experiencia uruguaya demuestra que los cambios legislativos (como la Ley 19.781) son determinantes para garantizar derechos patrimoniales igualitarios.
- **Enfoque integral de las políticas:** los programas que combinan acceso a la tierra, vivienda, infraestructura y participación comunitaria (ej. MEVIR) resultan más efectivos para generar autonomía en las mujeres rurales.
- **Rol de las mujeres como jefas de hogar:** el incremento de mujeres en procesos de adjudicación muestra que ellas pueden y quieren asumir la conducción patrimonial y productiva de sus hogares, desafiando estructuras tradicionales.
- **Transferibilidad de experiencias:** los avances uruguayos en materia de titularidad conjunta y participación femenina ofrecen aprendizajes que pueden ser aplicables en otros países con realidades rurales similares, especialmente en América Latina.

En conclusión, los desafíos actuales no opacan los logros alcanzados, sino que marcan la hoja de ruta para profundizar en políticas inclusivas, basadas en datos confiables y acompañadas de medidas de capacitación y apoyo financiero que permitan consolidar la autonomía de las mujeres rurales.

5. CONCLUSIONES

Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

El estudio sobre el acceso de las mujeres a la tierra en el área rural del Uruguay permite destacar varios hallazgos relevantes. En primer lugar, se constata que la incorporación de una perspectiva de género en la normativa, especialmente a través de la Ley 19.781, ha sido un paso fundamental para garantizar la titularidad conjunta y reducir desigualdades históricas en la propiedad de la tierra.

En segundo lugar, la acción de organismos como el Instituto Nacional de Colonización (INC) y MEVIR ha resultado decisiva no solo en la adjudicación de predios y viviendas, sino también en la construcción de comunidades más inclusivas, donde las mujeres han podido ejercer un rol activo como propietarias, productoras y líderes sociales.

Asimismo, se evidencia una tendencia creciente de mujeres que asumen la jefatura de hogar y participan directamente en procesos de adjudicación, lo cual refleja un cambio cultural en el medio rural y un fortalecimiento de su autonomía patrimonial.

No obstante, persisten desafíos relacionados con la formalización de la tenencia, el acceso al crédito, la superación de barreras culturales y la disponibilidad de datos desagregados por género, que resultan imprescindibles para orientar políticas más eficaces.

En términos de aprendizajes, la experiencia uruguaya ofrece ejemplos valiosos de cómo las políticas públicas, combinadas con marcos normativos adecuados y programas de desarrollo integral, pueden transformar la realidad de las mujeres rurales y contribuir a un modelo de administración de tierras más justo y sostenible.

Finalmente, se concluye que profundizar en estas políticas y acompañarlas de estrategias de capacitación, financiamiento y monitoreo permitirá consolidar los avances logrados, al tiempo que posiciona a Uruguay como un referente regional en materia de equidad de género y gobernanza de la tierra.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Colonización (INC). (1948). *Ley N.º 11.029*. Montevideo: Parlamento del Uruguay.

Parlamento del Uruguay. (2018). *Ley N.º 19.577 sobre Violencia Basada en Género*. Montevideo.

Parlamento del Uruguay. (2019). *Ley N.º 19.781 sobre Titularidad Conjunta de la Tierra en Colonización*. Montevideo.

Naciones Unidas. (1979). *Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (CEDAW)*. Nueva York: ONU.

Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Nueva York: ONU.

MEVIR. (1967–2025). *Programas y experiencias de vivienda y desarrollo rural*. Montevideo: Presidencia de la República.

(Las referencias pueden ampliarse con bibliografía académica, informes institucionales y estudios de caso que quieras incluir.)

NOTAS BIOGRÁFICAS

Daniela Cuentas Luján es Ingeniera Agrimensora y Rematadora Pública, egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Uruguay) y de la Universidad del Trabajo. Cuenta con una amplia trayectoria en catastro, valuaciones y administración de tierras. Actualmente se desempeña como Jefa de la Oficina Delegada de la Dirección Nacional de Catastro en Canelones, además de ejercer como profesional independiente en agrimensura y remates. Posee especializaciones en Topografía y Cartografía y actualmente cursa la Especialización en Ciudades Inteligentes. A nivel internacional, representa a Uruguay en redes de administración de tierras, integrando la Comisión 7 y participando en la Comisión 9 de la Federación Internacional de Agrimensores (FIG). Ha participado en diversos congresos y publicaciones vinculados al acceso de las mujeres a la tierra, la gobernanza catastral y la sostenibilidad territorial. En el ámbito gremial, fue directiva en la Asociación de Agrimensores del Uruguay (AAU) y también en la Asociación Nacional de Rematadores, Tasadores y Corredores Inmobiliarios. En lo académico, se desempeñó como docente del Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Udelar.

Rosario Casanova es Ingeniera Agrimensora, egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Uruguay). Posee un Magíster en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano por la Facultad de Arquitectura de la misma universidad, además de estudios complementarios en el marco del Magíster en Geomática de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina). Asimismo, cuenta con un Doctorado en Agrimensura por la Universidad Nacional de Catamarca (Argentina). Desde 1994 se desempeña como docente en el Instituto de Agrimensura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, donde ha sido profesora titular de la cátedra de Geomática por más de 20 años y también ejerció como directora del Instituto de Agrimensura. Actualmente es Presidenta de la Red Académica para las Américas del proyecto UN-GGIM (Manejo Global de Información Geoespacial de las Naciones Unidas). Su experiencia profesional y académica abarca campos como la fotogrametría, los sistemas de información geográfica (GIS), la geomática, el ordenamiento territorial y la planificación urbana. Ha trabajado como consultora para organismos internacionales, entre ellos el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en temas vinculados a la agrimensura, las políticas territoriales y la geomática. En el ámbito gremial, fue Presidenta y Vicepresidenta de la Asociación de Agrimensores del Uruguay. A nivel internacional, ocupa el cargo de ViceChair de la Comisión 2 y participa en la Comisión 9 de la Federación Internacional de Agrimensores (FIG).

CONTACTO

Daniela Cuentas Luján

Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Teléfono: +598 99 08 68 19

Correo electrónico: dcuentaslujan@gmail.com

Rosario Casanova

Teléfono: +598 99 116 006

Correo electrónico: rosario.casanova@gmail.com

Daniela Cuentas Lujan y Rosario Casanova, Uruguay
Acceso de las Mujeres a la Tierra en el área rural del Uruguay

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDN, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Mapping Academic Capacity in Geomatics and Land Administration Worldwide

Angel COLLADO, Spain

Key words: Geomatics Education, Land Administration Education, Web Map Viewer
FIG.

SUMMARY

Geomatics plays a fundamental role in addressing global challenges, integrating six interconnected pillars: geography; geodesy and surveying; Earth observation (photogrammetry, remote sensing); geoinformatics (GIS, spatial databases, territorial analysis); cartography; and land administration. Within this framework, land administration is not external to geomatics but one of its core pillars, when addressed from a technical and engineering perspective (e.g. cadastral information management, land tenure systems, technical land registration, and spatial data infrastructures). This holistic perspective positions geomatics as both a technological and institutional discipline, bridging science, society, and policy.

This presentation introduces an interactive web-based map viewer designed to explore and analyze university-level geomatics programs worldwide. The dataset was compiled exclusively from publicly available information (university websites, study catalogs, and accreditation databases). Programs were included if they are explicitly named Geomatics, Geographic/Geospatial Engineering, Geodesy, Surveying, Cartographic Engineering, or Land Administration when the latter has a technical/engineering focus. Programs dealing with land administration solely from a social sciences perspective were excluded. To ensure academic and professional relevance, all inclusions were validated with the approval of FIG members, who represent the profession globally and safeguard against academic intrusions outside the discipline.

Standardized metadata (official title, institution, country, degree level, core subjects, URL, and date of access) was recorded to enable comparison and filtering. The viewer allows users to search and filter programs, analyze geographic distribution and curricular content, and identify institutional clusters, thematic gaps (e.g. weak integration of land administration in certain regions), and emerging trends in curriculum development.

Limitations such as incomplete data, language barriers, and uneven institutional reporting are acknowledged. These are mitigated by the dynamic update mechanism: the platform evolves continuously through contributions from FIG members, academic institutions, and researchers, with transparent versioning.

The insights produced are not only descriptive but actionable, providing evidence to guide curriculum enhancement, foster international cooperation, and target capacity building in underrepresented regions. The presentation will demonstrate the platform's functionalities, highlight selected analytical findings, and show how this initiative can support the alignment

Angel Collado
Mapping Academic Capacity in Geomatics and Land Administration Worldwide

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

of geomatics education with the pressing challenges of climate geo-resilience and sustainable development.

RESUMEN

La geomática desempeña un papel fundamental frente a los retos globales, integrando seis pilares interconectados: geografía; geodesia y topografía; observación del territorio (fotogrametría, teledetección); geoinformática (SIG, bases de datos espaciales, análisis territorial); cartografía; y administración de tierras. En este marco, la administración de tierras no es externa a la geomática, sino uno de sus pilares esenciales cuando se aborda desde una perspectiva técnica e ingenieril (p. ej. gestión de información catastral, sistemas de tenencia de la tierra, registro técnico de la propiedad e infraestructuras de datos espaciales). Esta visión sitúa a la geomática como una disciplina tecnológica e institucional que articula ciencia, sociedad y política.

Esta ponencia presenta un visor web interactivo para explorar y analizar programas universitarios de geomática a nivel mundial. El conjunto de datos se elaboró exclusivamente a partir de información pública disponible en sitios web de universidades, catálogos académicos y bases de acreditación. Se incluyen los programas que se denominan explícitamente Geomática, Ingeniería Geográfica/Geoespacial, Geodesia, Topografía, Ingeniería Cartográfica, así como programas de Administración de Tierras siempre que tengan un enfoque técnico/ingenieril. Se excluyen aquellos que tratan la administración de tierras únicamente desde las ciencias sociales. Para garantizar la pertinencia académica y profesional, la inclusión final de programas es validada por miembros de la FIG, quienes representan a la profesión a nivel internacional y previenen el intrusismo académico.

Se normalizó un conjunto básico de metadatos (nombre oficial, institución, país, nivel de titulación, asignaturas clave, URL y fecha de acceso) para permitir búsquedas y comparaciones. El visor permite filtrar programas, analizar su distribución geográfica y curricular, e identificar agrupamientos institucionales, vacíos temáticos (p. ej. débil integración de la administración de tierras en determinadas regiones) y tendencias emergentes en el desarrollo curricular.

Se reconocen limitaciones como la incompletitud de datos, las barreras lingüísticas o la desigual presencia institucional en la web. Estas se mitigan gracias al mecanismo dinámico de actualización: la plataforma evoluciona continuamente mediante las contribuciones de miembros de la FIG, instituciones académicas e investigadores, con control de versiones para asegurar la transparencia.

Los resultados que ofrece el visor no son solo descriptivos, sino también accionables: proporcionan evidencias para orientar la mejora curricular, promover la cooperación internacional y focalizar iniciativas de fortalecimiento de capacidades en regiones subrepresentadas. La presentación mostrará las funcionalidades del visor, ejemplos de hallazgos analíticos y el potencial de esta iniciativa para alinear la educación en geomática con los retos contemporáneos de resiliencia climática y desarrollo sostenible.

BIOGRAPHICAL NOTES

Angel Collado

Mapping Academic Capacity in Geomatics and Land Administration Worldwide

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

International Representative for Geomatics Engineering. He is the Young International Representative (YSN) for academic affairs of FIG (International Federation of Surveyors) and also Social Media Officer of Commission 7 (Land Administration). Likewise, he is the Representative of Spain (COIGT) in FIG and official member of Commissions 2 (Education) and 7. In addition, he is the 2nd delegate of Spain (COIGT) in APPAT (Pan-American Association of Professionals in Land Surveying and Topography). He is responsible for Communication and Institutional Relations at COIGT Castilla-La Mancha.

He holds a PhD, MSc, and BSc in Geomatics Engineering and has received regional, national, and international awards, being a leader in the educational, professional, institutional, and social redefinition of Geomatics and the Geospatial Ecosystem.

He is currently a national civil servant with the Spanish government and was previously a university professor specializing in Sociological Geomatics (Genealogy and Geodemographics) and Land Administration (Cadastre-Land Registry).

CONTACTS

Angel COLLADO

Spanish Government

Madrid

SPAIN

Phone: + 34 673427591

E-mail: angel.collado.m@hotmail.com

Website: <https://www.linkedin.com/in/angel-collado-125368131/>

Angel Collado

Mapping Academic Capacity in Geomatics and Land Administration Worldwide

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Angel Collado
Mapping Academic Capacity in Geomatics and Land Administration Worldwide

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDN, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

A Demarcação de Terras Públicas e Privadas na Costa: A Definição de Limites e suas Implicações em Alguns Países.

Cesar Rogério CABRAL e Francisco Henrique de OLIVEIRA, Brasil

Palavras Chave: maré, demarcação, limite, propriedade.

RESUMO

A delimitação entre propriedade pública e privada em zonas costeiras, frequentemente estabelecida com base nos níveis de maré, é uma prática secular que busca garantir o acesso público à costa e definir os limites da propriedade privada. A adoção de diferentes níveis de maré como referência reflete a diversidade de abordagens legais e políticas globais. A linha de costa, embora fundamental como limite cadastral, é dinâmica, sujeita a variações diárias e alterações por processos naturais como erosão e acreção. A precisão nessa determinação é crucial para a gestão de riscos costeiros, o planejamento territorial e a resolução de litígios fundiários. Este artigo discute a diversidade de definições de níveis de maré e a extensão do domínio público costeiro em diferentes jurisdições, ressaltando a importância de compreender as especificidades de cada contexto para garantir uma gestão costeira eficaz e um equilíbrio justo entre os direitos de propriedade privada e o acesso público à costa. A metodologia deste artigo é qualitativa, de natureza exploratória e comparativa. Realizou-se uma revisão bibliográfica e documental de fontes acadêmicas, normativas e institucionais, incluindo legislações nacionais, artigos científicos, relatórios técnicos e publicações de organismos internacionais. A seleção dos países analisados considerou a diversidade de contextos geográficos, jurídicos e socioeconômicos. A análise comparativa identificou critérios, tipos de maré, métodos empregados e principais conflitos gerados pelas demarcações, avaliando as implicações jurídicas e sociais. Foram analisados os dados dos seguintes países: África do Sul onde a legislação de gestão integrada da costa enfrenta desafios relacionados à delimitação de propriedade pública e privada. Portugal apresenta um quadro complexo, com a Linha da Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais sendo central na definição do Domínio Público Marítimo. Índia a delimitação da Linha de Maré Alta e Baixa é regulada pela Notificação CRZ, mas a existência de propriedades privadas na Zona de Regulação Costeira gera disputas legais. Estados Unidos a abordagem federal e estatal varia de acordo com cada jurisdição, levando a conflitos em relação ao acesso público e a delimitação de limites. Canadá o conceito de limite natural é relevante para a delimitação, mas a ambiguidade nas definições e a coexistência de jurisdições geram disputas. México a zona marítimo-terrestre é definida pela Constituição e enfrenta tensões entre concessões privadas e o direito ao acesso público. Espanha as regras estabelecidas pela Lei de Costas de 1988 resultam em frequentes litígios, especialmente em casos de propriedades em áreas de domínio público. Brasil a demarcação dos terrenos de marinha, evidencia conflitos de interpretação e insegurança jurídica devido à falta de clareza nos critérios de delimitação. Alemanha a gestão costeira se baseia em legislações federais e estaduais, com definições específicas que visam equilibrar proteção ambiental e direitos de propriedade, mas que também geram incertezas. A

371

Cesar Rogério Cabral e Francisco Henrique de Oliveira, Brasil

A Demarcação de Terras Públicas e Privadas na Costa: A Definição de Limites e suas Implicações em Alguns Países.

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

delimitação costeira é complexa e condicionada por fatores geográficos, históricos, legais e institucionais. A escolha do nível de maré impacta o domínio público e a propriedade privada. A imprecisão dos limites e as mudanças climáticas geram conflitos e insegurança jurídica. É essencial adotar métodos claros, científicos e atualizados, além de governança participativa. Uma gestão costeira eficaz deve equilibrar o interesse público com os direitos dos proprietários, visando sustentabilidade e resiliência.

A Demarcação de Terras Públicas e Privadas na Costa: a Definição de Limites e suas Implicações em Alguns Países.

Cesar Rogério CABRAL e Francisco Henrique de OLIVEIRA, Brasil

1. INTRODUÇÃO

A delimitação entre propriedade pública e privada em zonas costeiras é frequentemente estabelecida com base nos níveis de maré. Essa prática, enraizada em tradições legais seculares, reconhece a natureza dinâmica da interface terra-mar e a importância de garantir o acesso público à costa, ao mesmo tempo que define os limites da propriedade privada. A adoção de diferentes níveis de maré como referência para essa demarcação reflete a diversidade de abordagens legais e políticas adotadas por distintas jurisdições ao redor do mundo.

A linha de costa, definida por um determinado nível de maré, funciona como um limite cadastral fundamental que separa a terra do mar, determinando a extensão da propriedade pública e privada como na Figura 1. No entanto, essa linha não é estática: ela sofre variações diárias com o fluxo e o refluxo das marés e pode ser alterada por processos como erosão e acreção costeira. Por isso, a precisão na sua determinação é crucial para a gestão de riscos costeiros, o planejamento do desenvolvimento territorial e a resolução de litígios fundiários. (Ausness & Maloney, 1974).



Figura 1. Placa de sinalização dos limites entre propriedade pública e privada.

O cadastramento adequado das propriedades nas zonas costeiras transcende a simples delimitação de fronteiras, exigindo uma análise abrangente que considere aspectos socioeconômicos, ecológicos e jurídicos.

É fundamental reconhecer que as zonas costeiras constituem áreas de transição, onde interagem distintos domínios: terra, água e ecossistemas. Assim, as diretrizes para o cadastro devem refletir a diversidade de legislações existentes em cada país, levando em conta as variações nas práticas de gestão costeira e nos regimes de propriedade. Esses fatores tornam a

tarefa de identificação de limites e objetos territoriais um desafio complexo, que demanda uma abordagem interdisciplinar e colaborativa.

Além disso, o atual contexto global, marcado pelas mudanças climáticas e pelo aumento do nível do mar, intensifica a necessidade de um cadastro costeiro eficaz. Os dados gerados por esse registro fundamentam decisões e políticas de planejamento urbano e regional, além de embasar estratégias de mitigação e adaptação frente aos impactos climáticos.

A escolha do nível de maré utilizado para a demarcação tem implicações diretas na extensão do domínio público costeiro e, por conseguinte, nos direitos de propriedade privada e no acesso público à costa. Jurisdições que adotam níveis de maré mais altos tendem a apresentar um domínio público costeiro mais amplo, o que geralmente facilita o acesso público. No entanto, mesmo com uma definição legal favorável ao domínio público, podem surgir desafios relacionados à existência de propriedades privadas preexistentes, à morosidade na execução do cadastro e ao surgimento de novas ocupações, gerando divergências na definição dos limites ao longo da costa.

A determinação precisa da linha de costa com base nos níveis de maré pode ser tecnicamente complexa, exigindo a utilização de séries históricas de dados maregráficos e a consideração de processos dinâmicos da zona costeira. A escolha entre métodos estatísticos, baseados em dados de maré, e indicadores físicos observados em campo pode provocar variações significativas na localização da linha de costa, com repercussões diretas na análise de sua mudança e na demarcação de propriedades. (Boak & Turner, 2005).

Neste artigo, discute-se a diversidade de definições de níveis de maré e a extensão do domínio público costeiro em diferentes jurisdições, ressaltando a importância de compreender as especificidades de cada contexto para garantir uma gestão costeira eficaz e um equilíbrio justo entre os direitos de propriedade privada e o acesso público à costa.

2. OS MÉTODOS PARA A DEFINIÇÃO DO TIPO DE MARÉ

A escolha do método para a definição dos níveis e das linhas de maré varia significativamente entre diferentes jurisdições, estando fortemente condicionada ao propósito da demarcação, seja para a determinação de limites de propriedade, seja para a gestão ambiental e costeira, bem como à disponibilidade e à qualidade dos dados maregráficos (Liu et al., 2014).

Essa decisão é particularmente relevante porque os níveis de maré utilizados como referência legal ou administrativa (como a maré média, a maré alta média ou a maré mais alta observada) podem influenciar diretamente a extensão do domínio público e os limites das propriedades privadas. Em algumas jurisdições, utiliza-se a linha da maré alta média (*mean high water line*), enquanto em outras se adota a maré média (*mean sea level*) ou até mesmo a linha da maré mais alta astronômica (*highest astronomical tide*), cada qual com implicações distintas. (Cole, 2007)

A natureza dinâmica das zonas costeiras impõe desafios adicionais à definição precisa e permanente dessas linhas. Eventos extremos, como tempestades, bem como processos de erosão, acreção e as mudanças associadas às alterações climáticas, incluindo o aumento do nível do mar, podem deslocar as linhas de maré ao longo do tempo (Morton & Speed, 1998).

Por isso, métodos estatísticos baseados em séries temporais de dados maregráficos, combinados com levantamentos topográficos e sensores geoespaciais, vêm sendo cada vez mais empregados para aprimorar a precisão e a atualização constante dessas demarcações.

Além disso, há uma distinção importante entre métodos baseados em indicadores físicos observáveis no terreno (como marcas de sal, linhas de vegetação ou sedimentos) e aqueles baseados em análises matemáticas e modelagens de dados históricos. A escolha entre esses métodos pode levar a variações significativas na posição da linha de maré, com consequências jurídicas, ambientais e socioeconômicas.

Dessa forma, torna-se fundamental que os métodos adotados para definição dos níveis de maré sejam claros, transparentes e cientificamente embasados, garantindo segurança jurídica, coerência com a realidade natural e eficácia na gestão territorial costeira.

2.1. Métodos Baseados em Indicadores da Linha de Maré Alta (HWM)

A identificação da maré por meio de métodos baseados em indicadores da linha de maré alta (High Water Mark – HWM) envolve a análise de características físicas da costa que evidenciam o alcance máximo da água durante as marés altas. Um dos principais indicadores é a linha de vegetação, que marca o limite da vegetação costeira e indica áreas frequentemente atingidas por inundações provocadas por marés altas ou tempestades. Esse limite reflete a frequência de alcance das águas naquela região, sendo comumente utilizado em levantamentos de campo. (Geodynamics & Shore, 2017)

Outros elementos morfológicos da praia também desempenham papel importante nesse processo, como a crista da berma, ponto mais alto do depósito de areia, e a base da duna frontal, que podem atuar como marcos naturais do limite máximo da água. Outro indicador amplamente empregado é a linha de maré alta visível (High Water Line – HWL), que consiste na marca deixada pela água em seu ponto mais alto, perceptível por alterações na cor, textura da areia ou presença de detritos, a Figura 2 apresenta algumas marcas deixadas pela maré utilizadas como referência, como a base de dunas, linha de maré baixa, linha de maré alta, crista de berma, linha de marca água.

Figura 2. Marca de marés.

Embora a HWL seja uma ferramenta útil para observações de campo, ela não se baseia em um datum de maré fixo e pode ser influenciada por fatores como meteorologia, hidrodinâmica e variabilidade local, o que reduz sua precisão. Ainda assim, permanece como referência prática em levantamentos rápidos e em situações onde dados de maré são escassos.

2.2. Métodos Baseados em Dados de Maré:

A definição dos limites entre propriedade pública e privada em áreas costeiras depende fortemente da medição precisa das marés, realizada por meio de observações contínuas em marégrafos. Esses dados possibilitam a construção de séries temporais diárias, mensais e anuais, usadas para calcular as médias das marés extremas ao longo do tempo.

Métodos baseados em dados de maré são amplamente utilizados para determinar os datums de maré: mínimos, médios e máximos, que servem como referência para estabelecer os limites entre terra e mar. Um dos métodos mais consolidados é o cálculo da Maré Alta Média (Mean High Water – MHW), definida como a média de todas as marés altas registradas ao longo de um período de 19 anos, conhecido como época de maré. Esse intervalo é necessário para incorporar as variações periódicas da maré.

Além da MHW, outros datums importantes na Figura 3 incluem a Maré Baixa Média (MLW), o Nível Médio do Mar (MTL) e a Maré Alta Média Mais Alta (MHHW). Também são utilizadas, em alguns contextos legais, as chamadas linhas de preamar máxima viva equinociais, que representam o nível máximo da maré alta durante marés de águas-vivas, ocorridas nos equinócios, e servem como critério técnico em certos países.

Os valores de maré utilizados para a definição de limites costeiros podem ser baseados em cálculos astronômicos, derivados da posição relativa da Lua e do Sol, ou de observações diretas. Em muitos casos, adota-se uma combinação desses métodos para ajustar os valores às particularidades locais.

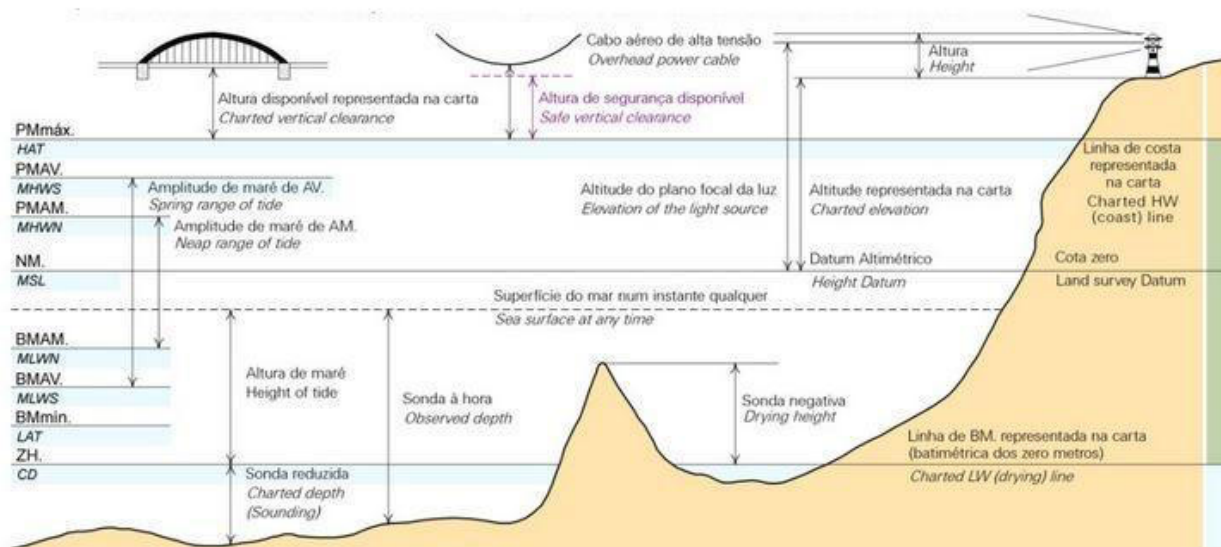


Figura 3. Níveis de marés.

No entanto, a legislação referente à escolha do método de definição da maré: astronômico, observacional ou híbrido, carece frequentemente de clareza e uniformidade normativa. Essa ausência de diretrizes bem definidas, aliada à variabilidade natural e temporal das marés, contribui para inconsistências na demarcação de limites costeiros, dificultando sua aplicação padronizada. (Pellach & Alterman, 2020)

3. METODOLOGIA

A metodologia deste artigo fundamenta-se em uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória e comparativa, visando analisar as diferentes práticas legais e técnicas utilizadas na demarcação de terras públicas e privadas em zonas costeiras. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica e documental a partir de fontes acadêmicas, normativas e institucionais, incluindo legislações nacionais, artigos científicos, relatórios técnicos e publicações de organismos internacionais. A seleção dos países teve como critério a diversidade de contextos geográficos, jurídicos e socioeconômicos, abrangendo diferentes continentes e sistemas legais.

A análise comparativa permitiu identificar os critérios utilizados para a definição dos limites costeiros, os tipos de maré adotados como referência, os métodos empregados, baseados em dados maregráficos ou em indicadores físicos de campo, e os principais conflitos gerados por tais demarcações. Além disso, foram avaliadas as implicações jurídicas e sociais das distintas abordagens, especialmente diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela ocupação desordenada da costa.

Esse método possibilitou a construção de um panorama crítico e abrangente, contribuindo para o debate sobre a necessidade de diretrizes claras, tecnicamente embasadas e sensíveis às especificidades locais, visando uma gestão costeira mais justa, eficaz e sustentável.

4. DEMARCAÇÃO EM ALGUNS PAÍSES

4.1 África do Sul

A gestão da zona costeira na África do Sul é regulada pela legislação, especialmente pelo Integrated Coastal Management Act (ICMA), que define a estrutura legal para a gestão integrada da costa. As marcas de maré alta (High-Water Mark - HWM) e maré baixa (Low-Water Mark - LWM) desempenham um papel crucial na delimitação das zonas costeiras, sendo que a HWM, em particular, estabelece o limite entre a Propriedade Pública Costeira (Coastal Public Property - CPP) e a propriedade privada. No entanto, fatores naturais como a erosão e as alterações no nível do mar tornam a definição exata dessas marcas um desafio, gerando potenciais conflitos entre proprietários e o Estado. (West Coast, 2019)

A HWM é definida como a linha mais alta alcançada pelas águas costeiras, excluindo eventos excepcionais, como inundações e tempestades. A CPP inclui a orla marítima, entendida como a área entre a LWM e a HWM, bem como a terra submersa pelas águas costeiras. Contudo, a delimitação precisa dessas linhas, em especial da HWM, pode gerar conflitos devido a mudanças naturais da linha costeira, como a erosão e a deposição de sedimentos, complicando a determinação exata da demarcação. (Whittal & Fisher, 2011)

O ICMA introduz as Linhas de Gestão Costeira (Coastal Management Lines - CMLs), Figura 4, como um mecanismo importante de gestão, estabelecido pelas autoridades provinciais, para mitigar riscos costeiros, proteger ecossistemas e garantir o acesso público à costa.

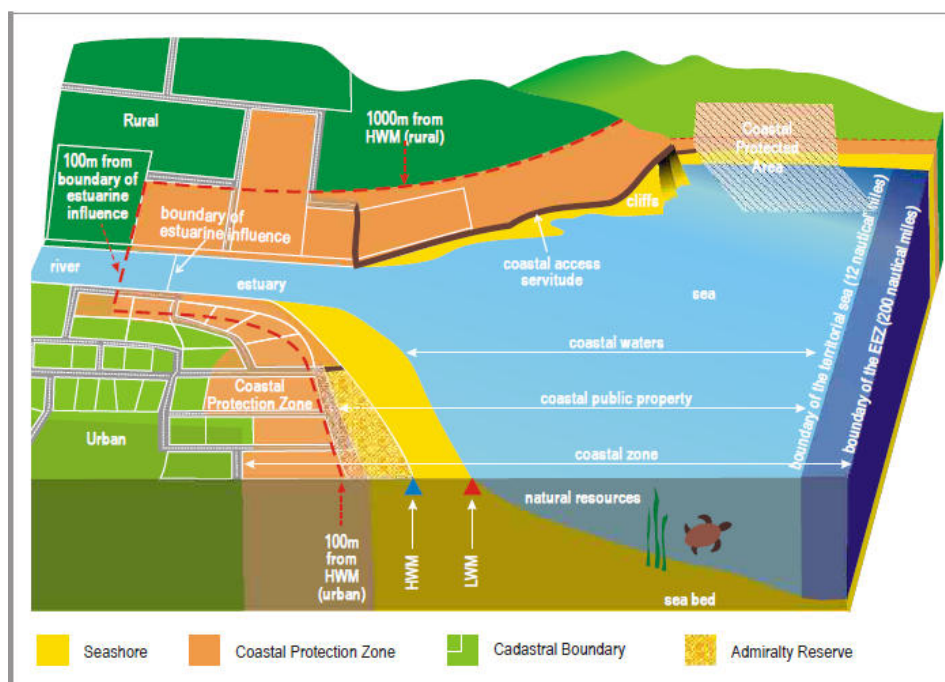


Figura 4. Delimitações da zona costeira conforme o ICMA.

No entanto, a implementação das CMLs pode afetar diretamente os direitos de propriedade existentes, uma vez que as linhas estabelecidas podem restringir o uso e o desenvolvimento das propriedades privadas. O processo de definição das CMLs requer consulta com as partes interessadas, o que pode gerar preocupações entre os proprietários quanto às possíveis limitações de uso de suas terras.

4.2 Portugal

Em Portugal, a delimitação da zona costeira enfrenta desafios significativos decorrentes da tensão entre o domínio público e a propriedade privada. Um dos elementos centrais nesse processo é a Linha da Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE), que define o limite superior do leito das águas sujeitas à maré e serve como referência para a determinação do Domínio Público Marítimo (DPM). (Portugal, 2005).

A definição da LMPMAVE varia conforme o tipo de costa. Em praias, considera-se o alcance máximo das marés vivas sob condições médias de agitação marítima, geralmente coincidente com a base das dunas. Nos costões rochosos, situa-se na base das arribas, e em estuários, a delimitação envolve fatores como a influência de marés, presença de água doce e vegetação halófitas. Esses critérios visam garantir uma delimitação mais estável frente à dinâmica natural do litoral.

A partir da LMPMAVE, estabelece-se também a margem, correspondente a uma faixa de terreno contígua ao leito, normalmente com 50 metros de largura, Figura 5. Nas praias mais extensas, essa margem pode abranger toda a área arenosa. Ainda que a Lei n.º 54/2005 estabeleça os princípios para a delimitação do DPM, sua aplicação prática tem gerado

controvérsias com proprietários de terrenos costeiros. Muitos reivindicam a titularidade privada de terrenos hoje considerados públicos, exigindo, para tal, prova documental de posse anterior a 1864 ou 1868, exigência frequentemente difícil de cumprir. (Bargado, 2013)

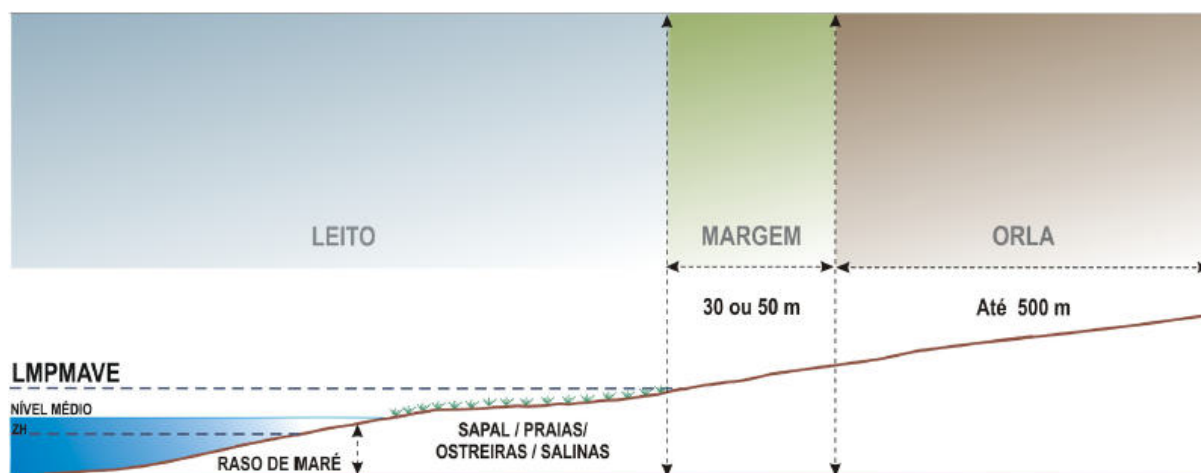


Figura 5. Delimitações do Domínio Público Marítimo.

A ocupação histórica da zona costeira, anterior à definição legal do DPM, levou à apropriação privada de áreas que deveriam ser públicas. A valorização econômica, turística e paisagística desses territórios intensifica os conflitos, sobretudo quando há intenção de construção em zonas legalmente protegidas. A delimitação da zona costeira em Portugal constitui um processo técnico e legalmente complexo, exigindo equilíbrio entre a salvaguarda do interesse público e o respeito pelos direitos privados legitimamente constituídos.

4.3 Índia

A zona costeira da Índia representa uma área de elevada relevância ecológica, econômica e social, sendo regulada por um quadro normativo específico voltado à sua conservação e uso sustentável. A delimitação desta faixa costeira é baseada em dois marcos hidrológicos principais: a Linha de Maré Alta (High Tide Line – HTL) e a Linha de Maré Baixa (Low Tide Line – LTL). Estes elementos definem os limites da Zona de Regulação Costeira (Coastal Regulation Zone – CRZ), que no lado terrestre se estende até 500 metros a partir da HTL. Em corpos hídricos sujeitos à influência de marés, essa faixa pode ser de até 100 metros ou a largura do corpo d'água, prevalecendo o menor valor. (Índia, 2011)

A principal base normativa para o ordenamento costeiro indiano é a Notificação CRZ de 2011, emitida pelo Ministério do Meio Ambiente, Florestas e Mudanças Climáticas (MoEFCC), fundamentada na Lei de Proteção Ambiental de 1986. Essa notificação classifica a CRZ em quatro categorias distintas, conforme Figura 6.



Figura 6. Categorias da Zona de Regulação Costeira (CRZ).

- **CRZ I** – áreas ecologicamente sensíveis;
- **CRZ II** – áreas urbanizadas ao longo da costa;
- **CRZ III** – regiões costeiras não urbanizadas ou pouco desenvolvidas e rural;
- **CRZ IV** – áreas marinhas até 12 milhas náuticas e corpos d’água sujeitos à ação de marés.

A demarcação exata da HTL e da LTL é essencial para a correta implementação das restrições previstas. Esse processo é conduzido por agências técnicas autorizadas, que seguem metodologias científicas padronizadas, descritas no Manual para Demarcação das Linhas de Maré Alta e Baixa. (Índia, 2015)

Entretanto, a existência de propriedades privadas localizadas dentro da CRZ pode originar conflitos jurídicos e administrativos entre particulares e o Estado. As exigências de licenciamento ambiental para construções ou atividades nas zonas regulamentadas frequentemente resultam em negativas, ou alterações de projetos, gerando tensões entre o interesse público e os direitos de propriedade privada.

4.4 Estados Unidos

A zona marítimo-terrestre nos Estados Unidos é uma área de interação complexa entre dinâmicas naturais e regulamentações legais, gerando frequentes conflitos entre proprietários costeiros e o Estado. Sua delimitação é influenciada por leis federais, estaduais, decisões judiciais e princípios legais. A Linha Média de Água Alta (MHWL) é o limite costeiro entre

propriedade privada e estatal com as seguintes exceções: Maine, New Hampshire, Massachusetts, Pensilvânia, Delaware, Virgínia e Geórgia usam Linha de maré baixa média (MLWL). O Texas usa a Linha de Água Alta Média (MHHWL) quando as concessões espanholas ou mexicanas estão envolvidas. A Louisiana adotou o limite da lei civil da linha da maré mais alta do inverno. No Havaí, o proprietário das terras altas tem o título de propriedade sobre os trechos mais altos onde as ondas batem. (NOAA, 2000). Na Figura 7 os diversos tipos de marés adotado nos Estados americanos.

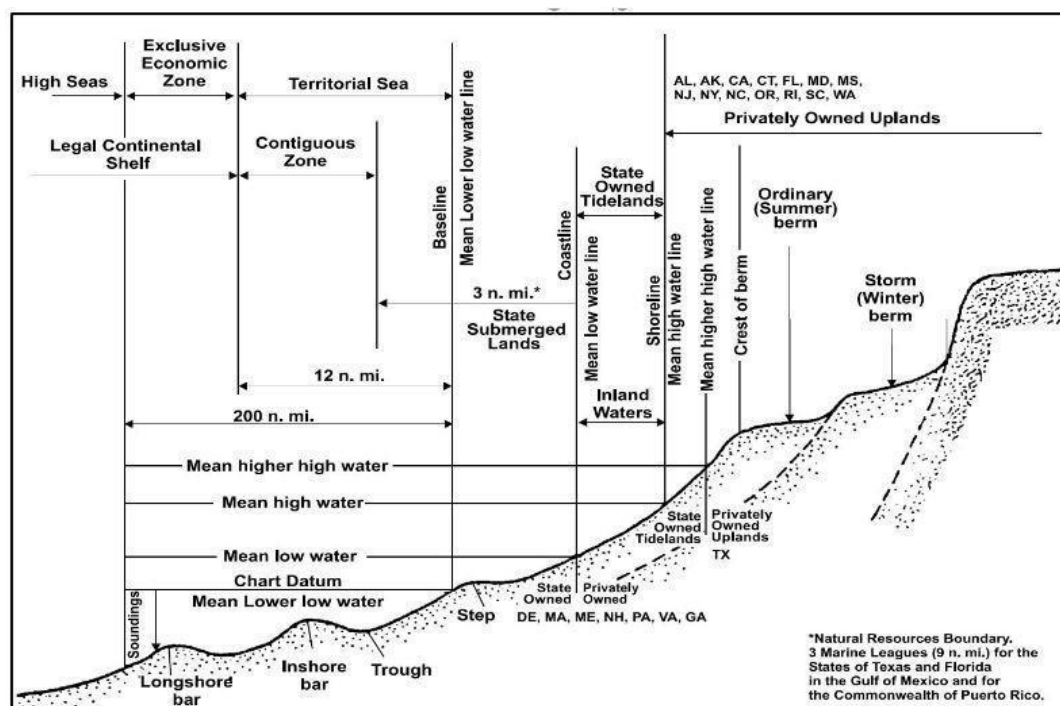


Figura 7. Níveis de marés adotados pelos estados americanos.

Os principais conflitos entre o público e o privado envolvem:

1. Demarcação de limites: A natureza dinâmica da costa (erosão, acréscimo) torna os limites móveis, dificultando a definição de propriedade.
2. Acesso público: A tensão entre direitos privados e interesse público leva a disputas, especialmente quando o Estado busca garantir acesso a praias por meio de terras particulares.
3. Regulamentações: Políticas como distanciamento da costa e condicionantes para licenças de desenvolvimento são contestadas por proprietários, que as veem como restrições excessivas.
4. Mudanças climáticas: Eventos extremos e elevação do nível do mar intensificam debates sobre custos de proteção costeira, realocação e impactos de estruturas como quebra-mares, que podem agravar a erosão. (Dan Tarlock, 2021)

4.5 Canadá

No Canadá, o conceito de natural boundary ou Ordinary High Water Mark (OHWM), previsto no BC Land Act, é essencial para definir os limites entre terras públicas e privadas próximas à costa. (Canadá, 2023). Essa linha é determinada pela ação contínua da água sobre o solo, que modifica sua vegetação e características físicas, servindo como marco visível, conforme Figura 8.

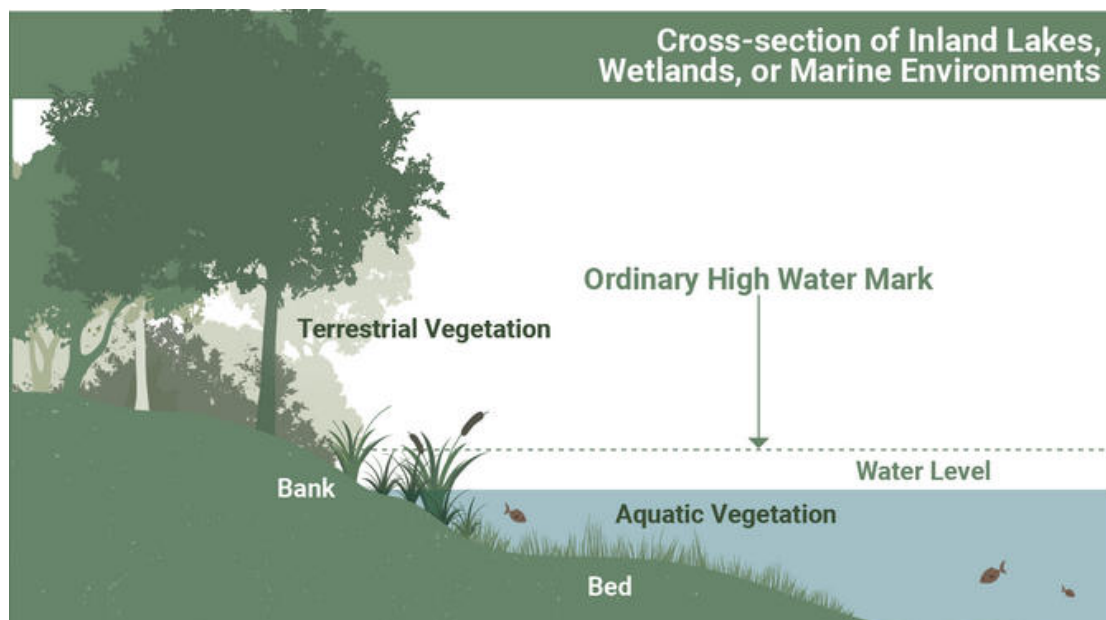


Figura 8. Definição da marca do nível mais alto ordinário da água.

Além disso, legislações provinciais, como a *Provincial Lands Act* de Newfoundland e Labrador, estabelecem reservas de 15 metros ao redor de corpos d'água. Contudo, a imprecisão de termos como beira-mar e zona costeira podem gerar disputas quanto à extensão dessa faixa. Isso se agrava em áreas onde construções pré-existentes foram feitas antes da regulamentação clara, suscitando dúvidas sobre sua legalidade e os direitos dos proprietários. A coexistência de propriedades privadas e jurisdição estatal na zona costeira levam frequentemente a conflitos. Um dos principais desafios está na definição exata dos limites costeiros, especialmente em terrenos de declive suave ou sujeitos a mudanças naturais. A política de Newfoundland e Labrador, segundo a qual a faixa costeira pertence ao Estado, mesmo com erosão ou acreção, é motivo adicional de controvérsia com proprietários ribeirinhos.

Conflitos também surgem entre diferentes níveis de governo, como disputas de jurisdição entre portos federais e aprovações provinciais, evidenciando a complexidade da gestão costeira. (Mercer Clarke et al., 2016)

4.6 México

A delimitação legal da zona marítimo-terrestre no México baseia-se na Constituição e na Ley General de Bienes Nacionales (LGBN). A LGBN define as praias como áreas entre os limites

anuais de refluxo e fluxo das marés, sendo a linha de preamar o marco principal. A partir dessa linha, estabelece-se a Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT), uma faixa de 20 metros de terra firme adjacente às praias e a outros corpos d'água ligados ao mar, apresentada na Figura 9. (Segovia, et al., 2007). Essa zona é inalienável, mas pode ser concessionada a particulares. Um ponto crítico de conflito ocorre quando o mar avança sobre propriedades privadas devido à erosão natural ou ações humanas. Nesses casos, as terras invadidas passam a integrar a ZOFEMAT, e os antigos proprietários perdem o direito de posse, podendo apenas obter concessão mediante pagamento. Isso gera ressentimento e litígios.

Outro conflito comum envolve o acesso público às praias. Apesar de as praias e a ZOFEMAT serem bens públicos, concessionários, como hotéis e resorts, restringem frequentemente o acesso, contrariando o direito constitucional ao uso livre dessas áreas. Em muitos casos, estrangeiros impõem limitações sob alegações de propriedade privada, o que provoca tensões com a população local. (Nava Escudero, 2018)

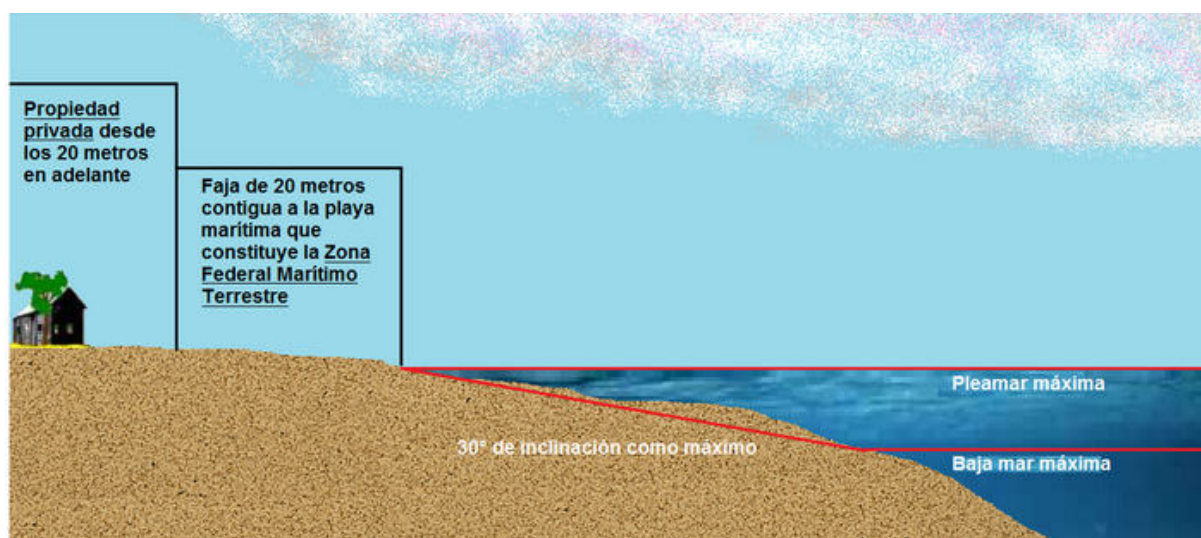


Figura 9. Definição da Zona Federal Marítimo Terrestre.

Os chamados terrenos ganhados ao mar, áreas que emergem do mar por causas naturais ou artificiais, também são fonte de debate. Diferentemente da ZOFEMAT, esses terrenos podem ser privatizados, levantando dúvidas quanto à legitimidade da alienação de bens públicos e à sustentabilidade dessa prática.

O desenvolvimento costeiro descontrolado agrava a erosão e pode colocar edificações privadas dentro da ZOFEMAT. Além disso, a construção de infraestruturas interfere nos processos naturais, prejudicando áreas vizinhas. A indefinição jurídica da zona costeira e de formações como falésias contribui para disputas sobre propriedade e uso. Por fim, a existência de múltiplas normas e entidades com competência sobre a costa gera sobreposição de regras, insegurança jurídica e dificuldades para investidores e proprietários.

4.7 Espanha

A legislação espanhola, particularmente a Lei de Costas de 1988 e suas modificações, estabelece regras complexas para delimitar a zona marítimo-terrestre (ZMT) e as áreas adjacentes à costa, com o objetivo de proteger o domínio público marítimo-terrestre (DPMT). A ZMT é definida como o espaço entre a linha de máxima baixa-mar e o limite das ondas em grandes temporais, com a linha de preamar máxima viva como marco adicional. As praias são classificadas como áreas de depósito de materiais soltos, como areia e pedras, e a ZMT inclui as zonas adjacentes, como escarpas e dunas.

A Lei de Costas também impõe diversas servidões sobre propriedades privadas próximas ao litoral, como a servidão de proteção (uma faixa de 100 metros de largura para preservação), a servidão de trânsito (6 metros para acesso e vigilância) e a Zona de Influência (uma faixa de 500 metros para ordenamento territorial). Essas restrições podem afetar significativamente a utilização e o valor das propriedades, gerando conflitos entre os proprietários e o Estado. A Figura 10 mostra as delimitações da zona costeira espanhola. (Espanha, 2025)

Uma das principais fontes de litígios é a delimitação da ZMT, especialmente em casos de propriedades privadas dentro desta área, considerada de domínio público inalienável. A Lei de Costas de 1988 procurou regularizar essas situações, mas a ambiguidade nas definições e a subjetividade na demarcação geraram insegurança jurídica. O processo de deslinde, onde a Administração determina os limites da ZMT, também tem sido contencioso, com proprietários contestando a inclusão de suas terras no domínio público. (Perez, 2006).

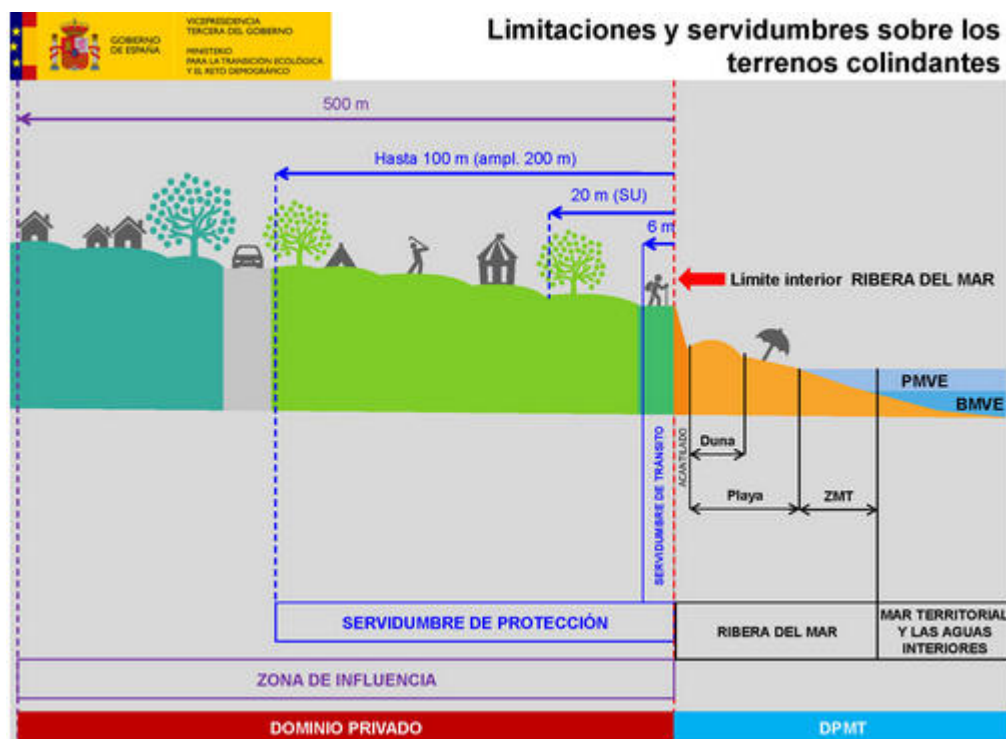


Figura 10. Limites da zona costeira espanhola.

Além disso, a concorrência de competências entre a Administração Central, as Comunidades Autônomas e os municípios costeiros dificulta a coordenação e a resolução dos conflitos. A falta de clareza legal e a retroatividade de algumas disposições da lei geram litígios contínuos, destacando a necessidade de um quadro legal mais claro e equilibrado para a gestão costeira, que respeite tanto os direitos de propriedade quanto a proteção ambiental.

4.8 Brasil

A Constituição Federal do Brasil considera os terrenos de marinha como bens da União, conferindo ao Estado a titularidade e a competência para sua administração, demarcação, concessão de uso e cobrança de taxas de ocupação. A Secretaria do Patrimônio da União (SPU) é o órgão responsável pela gestão desses terrenos, que se estendem ao longo da costa e incluem áreas adjacentes ao mar. Contudo, o processo de demarcação desses terrenos, especialmente em relação à Linha de Preamar Média de 1831 (LPM), tem sido fonte de conflitos e insegurança jurídica.

A LPM de 1831, embora estabelecida como marco histórico, não é uma linha física visível e está sujeita a diversas interpretações técnicas, o que gera divergências sobre sua localização exata. A falta de clareza nos parâmetros utilizados pela SPU tem levado à multiplicação de ações judiciais, questionando a precisão da demarcação e a adequação dos métodos empregados. A definição dos limites entre os terrenos de marinha, Figura 11, e as propriedades privadas ou imóveis alodiais também se revela um desafio, uma vez que as normas técnicas e legais nem sempre são claras, (Cabral & Oliveira, 2025).



Figura 11. Elementos definidores dos terrenos de marinha.

A insegurança jurídica gerada pela imprecisão na demarcação afeta tanto os proprietários de terrenos adjacentes, que podem ter suas propriedades alteradas, quanto o próprio Estado, que enfrenta custos elevados com as disputas judiciais e com a gestão de uma situação constantemente questionada. Diante disso, é necessário que o Brasil realize uma revisão técnica e legal dos critérios de demarcação dos terrenos de marinha, a fim de estabelecer parâmetros claros e consistentes. Tal revisão pode resultar na redefinição ou até na extinção dessa categoria de bens, com o objetivo de minimizar custos para os cidadãos e o poder público, promovendo maior segurança jurídica. (Niebuhr, 2004).

4.9 Alemanha

A gestão da zona costeira na Alemanha é regida por uma combinação de legislações federais e estaduais, com definições específicas para os conceitos de linha costeira, zona costeira e praia, fundamentais para o ordenamento territorial e ambiental. A linha costeira possui definições distintas dependendo do mar. No Mar do Norte, onde há grandes variações de maré, utiliza-se a linha média de maré alta. No Mar Báltico, com marés menos pronunciadas, adota-se a linha de água média. Essas definições pretendem evitar construções próximas à água e são fundamentais para determinar limites de propriedade. (Schachtner, 2021)

A zona costeira é regulada pelas Leis de Água dos estados costeiros Länder. Cada estado define critérios específicos: na Baixa Saxônia, adota-se a altura média da maré; em Schleswig-Holstein, o limite é o nível médio da água (ou da maré alta nas áreas de maré); e em Mecklemburgo-Pomerânia Ocidental, considera-se a média dos níveis anuais de água dos últimos 20 anos.

Quanto às terras costeiras públicas, a legislação federal alemã não reconhece o conceito de propriedade pública como em outros países. No entanto, os estados podem declarar propriedades como públicas, embora raramente o façam. Em Mecklemburgo-Pomerânia Ocidental, Figura 12, a praia é formalmente considerada propriedade do estado, salvo direitos previamente adquiridos. Mesmo assim, terrenos privados que se tornem parte da praia por eventos naturais permanecem privados, mas com restrições ao uso, principalmente relacionadas ao livre acesso público.



Figura 12. Perfil de praia

A Lei Federal de Conservação da Natureza de 2009 proíbe novas construções a menos de 150 metros da costa, salvo exceções como infraestrutura essencial ou obras legalmente existentes. (Alemanha, 2009). Estados podem flexibilizar essas normas, mas, em alguns casos, essa flexibilização compromete a efetividade da zona de recuo. Essa complexa estrutura legal, combinada com interpretações locais e exceções, busca equilibrar a proteção ambiental com os direitos de propriedade, mas pode gerar insegurança jurídica e desafios na sua aplicação uniforme ao longo do litoral alemão.

5 CONCLUSÃO

A delimitação entre terras públicas e privadas em zonas costeiras é um tema de grande relevância jurídica, ambiental e social, marcado por uma elevada complexidade técnica. A análise comparativa entre diferentes países demonstra que não há um modelo único ou universalmente aplicável, sendo as decisões fortemente condicionadas pelas particularidades geográficas, históricas, legais e institucionais de cada contexto. A escolha do nível de maré como referência legal, seja a maré alta média, a maré mais alta astronômica ou outras variantes, impacta diretamente a extensão do domínio público e os direitos de propriedade privada, influenciando o acesso à costa e a conservação dos ecossistemas litorâneos.

A imprecisão na definição dos limites, somada à dinâmica natural da linha costeira e às mudanças climáticas, tem gerado conflitos frequentes e insegurança jurídica. Nesse cenário, torna-se essencial adotar métodos de demarcação claros, cientificamente embasados e atualizados periodicamente, combinando dados geoespaciais, informações históricas e observações de campo. Além disso, é fundamental promover mecanismos de governança participativa, que incluam comunidades locais, especialistas e instituições públicas.

Conclui-se que uma gestão costeira eficaz deve equilibrar o interesse público com os direitos legítimos dos proprietários, garantindo sustentabilidade, justiça social e resiliência diante dos desafios impostos pelas pressões ambientais e urbanas contemporâneas.

REFERENCES

ALEMANHA. (2009). Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) Lei Federal de Conservação da Natureza. https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BNatSchG.pdf

AUSNESS, R. C.; MALONEY, F. E. (1974). The Use and Legal Significance of the Mean High Water Line in Coastal Boundary Mapping. *North Carolina Law Review*. https://uknowledge.uky.edu/context/law_facpub/article/1049/viewcontent.

BARGADO, M., A., C. O Reconhecimento da Propriedade Privada sobre Terrenos do Domínio Público Hídrico. In JULGAR on line, 2013, www.julgar.pt.

BOAK, E.H.; TURNER, I.L. (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4). Florida.

CABRAL, C. R; OLIVEIRA, F.H. Análise das normativas para a demarcação dos terrenos de marinha após a lei de 1946. DELOS: DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE, v. 18, p. e4200, 2025.

CANADÁ. (2023). Code of practice: Temporary fords. <https://www.dfo-mpo.gc.ca/pnw-ppp/codes/temporary-fords-traversees-temporaires-eng.html>

COLE, G. M. Delineation of Coastal Boundaries Using Tidal Data Coastal Areas and Land Administration – Building the Capacity. 6th FIG Regional Conference San José, Costa Rica.

DAN TARLOK (2021). United States of America. Chapter 17 in Alterman & Pellach (Eds.) *Regulating Coastal Zones: International Perspectives on Land Management Instruments* (pp. 355-379). Routledge.

ESPANHA. (2025). Preguntas frecuentes sobre la ley de costas y su aplicación. https://www.miteco.gob.es/es/costas/preguntas-frecuentes/index2010-10-29_22_56_32_8360.html

GEODYNAMICS; SHORE. (2017) Mean High Water Contour Determination for the Beaches of the Carteret County Shore Protection Surveys. North Carolina

ÍNDIA (2011). Coastal Regulation Zone Notification. Gazette of India. Ministry of Environment and Forests. Nova Delhi.

ÍNDIA (2015) Manual on Demarcation of High Tide Line and Low Tide Line and Preparation of CZMP of the Coast of India. The Committee on Standardization of the Methodology for Demarcation of HTL/LTL.

LIU, X.; XIA, J.; ARNOLD, L. (2014). A state of the art review on High Water Mark (HWM) determination. *Ocean & Coastal Management*.

MERCER CLARKE, C.S.L., MANUEL, P. and WARREN, F.J. (2016): The coastal challenge; in *Canada's Marine Coasts in a Changing Climate*, (ed.) D.S. Lemmen, F.J. Warren, T.S. James and C.S.L. Mercer Clarke; Government of Canada, Ottawa, ON, p. 69-98.

MORTON, R.; SPEED, M. (1998). Evaluation of shorelines and legal boundaries controlled by water levels on sandy beaches. *Journal of Coastal Research*. Royal Palm Beach (Florida).

NAVA ESCUDERO, C. (2018). La privatización de las zonas costeras en México. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/5023011>

NIEBUHR, J. M. (2004). Revista de Doutrina. Terrenos de marinha: aspectos destacados. https://revistadoutrina.trf4.jus.br/index.htm?https://revistadoutrina.trf4.jus.br/artigos/edicao002/joel_niebuhr02.htm.

PELLACH, C.; ALTERMAN, R. (2021). Comparative analysis II: Land demarcation and property rights. Chapter 19 in Alterman & Pellach (Eds.) *Regulating Coastal Zones: International Perspectives on Land Management Instruments* (pp. 389-417). Routledge.

PÉREZ, M.G. La indeterminación del dominio público marítimo-terrestre en la ley de costas de 1988. A propósito del deslinde de acantilados. *Revista de Administración Pública*, núm. 169, Madrid, enero-abril (2006), págs. 189-218

PORTUGAL. Lei nº 54/2005, de 15 de novembro. Estabelece a titularidade dos recursos hídricos. Diário da República, 1.^a série, nº 221, 2005. <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/lei/2005-34543575>.

SCHACHTNE, E. (2021). Germany. Chapter 6 in Alterman & Pellach (Eds.) *Regulating Coastal Zones: International Perspectives on Land Management Instruments* (pp. 101-127). Routledge.

SEGOVIA, S.C.; BARRO, G.B.; DE LA CALLE, M.I.; VALADES, L.Q. (2007). Océanos y costas. Análisis del marco jurídico e instrumentos de política ambiental en México. Instituto Nacional de Ecología, México

WEST COAST DISTRICT MUNICIPALITY (2019). *Draft Coastal Management Programme: Second Generation*. <https://westcoastdm.co.za/download/district-second-generation-coastal-management-program-2019-2024-draft/>

WHITTAL, J & FISHER, F. (2011). Implications of the Integrated Coastal Management Act No 24 of 2008 on the South African coastal cadastre and its survey and management 2011 Proceedings of the AfricaGEO conference, Cape Town, South Africa

BIOGRAPHICAL NOTES

Cesar Rogério Cabral é Professor do Curso Técnico em Agrimensura do Instituto Federal de Santa Catarina. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade do Estado de Santa Catarina

Francisco Henrique de Oliveira é Professor do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade do Estado de Santa Catarina. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina.

CONTACTS

Cesar Rogério Cabral

Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis
BRAZIL
E-mail: ccabral@ifsc.edu.br

Francisco Henrique de Oliveira

Universidade do Estado de Santa Catarina
Florianópolis
BRAZIL
E-mail: francisco.oliveira@udesc.br

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

Carmen FEMENIA-RIBERA, Inmaculada MARQUÉS PÉREZ, Gaspar MORA-NAVARRO, Enric TEROL, Españã y Cristhian QUIZA-NEUTO, Colombia

Palabras clave: administración del territorio, catastro, registro de la propiedad, Iberoamérica, cartografía, entrevistas, opiniones, encuestas

RESUMEN

El presente trabajo analiza la situación de los Sistemas de Administración del Territorio (SAT) en Iberoamérica, con especial atención al papel de la cartografía en la seguridad jurídica y en la fiscalidad territorial. Para ello se desarrolló una investigación social en dos fases complementarias. En primer lugar, se realizaron entrevistas semiestructuradas a trece expertos internacionales, que permitieron identificar fortalezas, debilidades y necesidades de los SAT, destacando la heterogeneidad institucional, la prevalencia del enfoque fiscal, la insuficiente coordinación entre catastro y registro, así como las carencias en actualización cartográfica y estandarización de datos. En segundo lugar, se llevó a cabo una encuesta a representantes de organismos miembros del Comité Permanente del Catastro en Iberoamérica (CPCI), con 32 respuestas válidas de 13 países. Los resultados reflejan la diversidad de modelos organizativos, bajos niveles de satisfacción en actualización y recursos, una integración desigual de tecnologías geoespaciales y la percepción de que la cooperación internacional y la participación social son claves para el fortalecimiento del catastro. En conjunto, el estudio revela que, pese a avances relevantes, los SAT iberoamericanos enfrentan limitaciones estructurales, técnicas y financieras. Superar estas brechas exige impulsar la interoperabilidad institucional, modernizar la cartografía y promover la innovación tecnológica, con un mayor compromiso político y social que permita consolidar sistemas más eficientes, transparentes y equitativos.

Key words: land administration, cadastre, land registry, Iberoamerica, cartography, interviews, opinions, surveys

ABSTRACT

This paper analyses the situation of Land Administration Systems (LAS) in Ibero-America, with special attention to the role of cartography in legal certainty and land taxation. To this end, social research was carried out in two complementary phases. First, semi-structured interviews were conducted with thirteen international experts, which made it possible to identify the strengths, weaknesses and needs of SATs, highlighting institutional heterogeneity,

392

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Españã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

the prevalence of the fiscal approach, insufficient coordination between cadastre and land registry, as well as shortcomings in cartographic updating and data standardisation. Secondly, a survey was conducted among representatives of member organisations of the Permanent Committee on Cadastre in Ibero-America (CPCI), with 32 valid responses from 13 countries. The results reflect the diversity of organisational models, low levels of satisfaction with updating and resources, uneven integration of geospatial technologies, and the perception that international cooperation and social participation are key to strengthening the cadastre. Overall, the study reveals that, despite significant progress, Ibero-American SATs continue to face structural, technical, and financial constraints. Overcoming these gaps requires promoting institutional interoperability, modernising cartography and fostering technological innovation, with greater political and social commitment to consolidate more efficient, transparent and equitable systems.

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

Carmen FEMENIA-RIBERA, Inmaculada MARQUÉS PÉREZ, Gaspar MORA-NAVARRO, Enric TEROL y Cristhian QUIZA-NEUTO

1. INTRODUCCION

Los sistemas de administración del territorio (SAT) se definen como el conjunto de marcos institucionales, legales y técnicos que permiten gestionar los derechos sobre la tierra, su uso y desarrollo. En el ámbito iberoamericano, estos sistemas presentan importantes retos asociados a la rápida urbanización y al consecuente crecimiento desordenado de las ciudades, que ha generado un aumento de asentamientos informales y ha puesto en riesgo la sostenibilidad del desarrollo urbano. A estas dinámicas se suman la desigualdad en el acceso a servicios y la alta vulnerabilidad frente a desastres naturales.

Una característica común en la región es la existencia de dos instituciones diferenciadas: el catastro, como registro gráfico de carácter principalmente fiscal para la determinación de valores catastrales, y el registro de la propiedad, orientado a la seguridad jurídica de los derechos sobre la tierra. En muchos países de Iberoamérica, ambos sistemas están separados y, en gran medida, inspirados en el modelo español, lo que añade dificultades de coordinación interinstitucional. Esta separación no se observa en varios países europeos, donde la integración institucional y la coordinación son más frecuentes.

Mejorar los SAT en Iberoamérica exige abordar la heterogeneidad, la falta de coordinación, la inestabilidad y la falta de interoperabilidad. En este entorno la cartografía juega un papel clave en la seguridad jurídica y la tributación, requiriendo actualización, estandarización y un enfoque integral.

Para dar luz a como enfocar del mejor modo posible esta problemática este artículo presenta una investigación social sobre la situación de los SAT en Iberoamérica realizando dos estudios complementarios: primero a través de un diagnóstico basado en entrevistas semiestructuradas a varios expertos internacionales; y posteriormente a partir de una encuesta a representantes de organismos miembros del Comité Permanente del Catastro en Iberoamérica (CPCI) (CPCI).

2. ANTECEDENTES EN IBEROAMÉRICA

En el ámbito internacional se han desarrollado diversos proyectos y marcos de referencia orientados a la comparación y estandarización de los SAT. Entre ellos, cabe destacar el Cadastral Template (Centre for Spatial Data Infrastructures and Land Administration - CSDILA, n.d.; Rajabifard et al., 2004), iniciado en 2003 dentro de la comisión 7 sobre catastro y gestión del territorio de la Federación Internacional de Geómetras (FIG) y

actualmente en revisión a través del grupo de trabajo 7.8 sobre comparativa de sistemas de administración del territorio. Asimismo, el modelo de datos Land Administration Domain Model (LADM) (*UNE-EN ISO 19152:2013 Información Geográfica. Modelo Para El Ámbito de La Administración Del Territorio (LADM) (ISO 19152:2012)*, 2013) (fue convertido en estándar ISO 19152 en 2012, constituyendo un referente mundial para la modelización de datos catastrales y registrales).

En Europa, desde la década de 1990 se han realizado estudios comparativos de modelos de organización catastral, incluyendo investigaciones con técnicas estadísticas. Más recientemente, en 2023, el Comité Permanente del Catastro en la Unión Europea (PCC-Europe) (PCC), elaboró un cuestionario sobre la contribución del Catastro al Estado del Bienestar, con especial atención a su papel en la valoración inmobiliaria y la fiscalidad (Velasco, 2023). También existen estudios comparativos entre países específicos.

En el contexto iberoamericano, se han realizado investigaciones y diagnósticos relevantes para el análisis conjunto de catastros y registros. Uno de los principales antecedentes es el proyecto Data Catastro (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica - CPCI, 2011), impulsado por el CPCI, cuya última versión se publicó en 2011. Más recientemente, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) desarrolló en 2022 un estudio sobre el estado del arte de catastros y registros de propiedad en América Latina y el Caribe (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura et al., 2022).

Se pretenden analizar, complementar y apoyar a aquellos organismos y estudios existentes relacionados que abordan de modo conjunto el tema del catastro y registro, como puedan ser la Red de Expertos Iberoamericana del CPCI, la Red Interamericana de Catastro y Registro de la Organización de Estados Americanos (RICRP-OEA) (RICRP, 2024), la Comisión 7 de Catastro y Administración del Territorio de la FIG, el grupo de administración del territorio de las Naciones Unidas sobre Gestión Global de la Información Geoespacial (UN-GGIM LA), el Centro Internacional de Derecho Registral (IPRA-CINDER) (IPRA-CINDER, n.d.), el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), las Directrices Voluntarias sobre la Gobernanza responsable de la Tenencia de la Tierra (DVGT) de la FAO, el Marco para la Administración Efectiva de la Tierra (FELA) (UN-GGIM LA, 2020) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el modelo de datos LADM-ISO 19152, etc.

3. METODOLOGÍA

Se pretende diagnosticar la situación del Sistema de Administración del Territorio, y su relación con la cartografía, en Iberoamérica. Para ello se plantea una investigación social a partir de dos frentes. Primero, con una investigación social cualitativa a través de entrevistas semiestructuradas a 13 expertos internacionales en el ámbito de la cartografía y SAT en Iberoamérica. Con los resultados de las entrevistas se pueden identificar diferentes aspectos a abordar de modo más específico que ayudan a concretar una encuesta posterior a representantes de instituciones miembros del CPCI.

3.1. Proyecto DISATI: entrevistas semiestructuradas a expertos

Las entrevistas a expertos se realizaron en el entorno del proyecto DISATI (Diagnóstico del Sistema de Administración del Territorio en Iberoamérica) (CCASAT UPV, 2023). Estas entrevistas forman parte de este proyecto más amplio, que junto con el estudio de organismos internacionales y el diseño del geoportal DISATI dio lugar al artículo de investigación (Femenia-Ribera et al., 2025)

Las entrevistas identifican fortalezas, debilidades y necesidades de los SAT y exploran la relación entre cartografía, seguridad jurídica y tributación. Se realizaron entrevistas online a 13 expertos con amplia experiencia en administración del territorio en países iberoamericanos. Los participantes, de diversos países (Argentina, Brasil, Colombia, Chile, España, etc.), aportaron perspectivas sobre el estado y los desafíos de los SAT. Los SAT en Iberoamérica muestran gran heterogeneidad, con un enfoque tradicional en el catastro fiscal. Las entrevistas revelan tanto fortalezas como debilidades significativas. Se identificaron necesidades; y se recopilieron opiniones respecto a aspectos relacionados directamente con la cartografía y su relación con la seguridad jurídica, y con la tributación. La cartografía es fundamental, pero se observan debilidades como la desactualización, el enfoque en la valoración, la falta de estándares y la falta de coordinación.

3.1.1. Entrevistas y perfil de los participantes

Las entrevistas fueron diseñadas pensando en capturar la perspectiva de los expertos alrededor de 9 cuestiones principales, agrupadas en tres apartados bien definidos, tres cuestiones por cada apartado: I) las relativas a los SAT en general, II) las relativas a la cartografía y la seguridad jurídica, y III) las relativas a la tributación.

La selección de los expertos se realizó de forma que se asegura la relevancia y profundidad de las respuestas obtenidas, con criterios de inclusión y exclusión como son: la formación, los años de experiencia profesional, los países en los que ha desarrollado actividades o proyectos y trabajos relativos al catastro, y la variedad de proyectos e instituciones con las que ha colaborado en el desarrollo de estos proyectos. Esta selección estratégica se realizó con base en la técnica de muestreo por juicio, que requiere cierto conocimiento previo de los expertos. Así, se ha definido un grupo de expertos que incluye profesionales de diferentes nivel académico, con una larga experiencia en labores relacionadas con la administración del territorio, con perspectivas jurídicas, económicas, topográficas, catastral e informática. Los encuestados además pueden pertenecer tanto al sector privado como el educativo o el público.

396

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Espanã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

Con cada experto se realizó una entrevista en línea de más de una hora de duración. Las entrevistas se llevaron a cabo entre mayo y junio de 2022. Las entrevistas se realizaron en línea, mediante Microsoft Teams. Antes de la sesión de entrevistas, se contactó con los expertos por correo electrónico. Cada entrevistado recibió información sobre el proyecto de investigación DISATI, sus objetivos, e información sobre la entrevista: objetivos, perfil de experto, y lista de preguntas. Y se programó, el día y hora con el participante. Las entrevistas fueron dirigidas por la responsable del proyecto, y para su realización contó con la participación de otro integrante del proyecto. Cada entrevista fue grabada y transcrita con el permiso de los entrevistados, solamente para fines académicos de este estudio.

Los datos, argumentos y discusiones son recopilados y analizados teniendo en cuenta la técnica de análisis de contenido temático, con el fin de encontrar patrones y argumentos recurrentes en las respuestas obtenidas. La publicación de los resultados es anónima, sin embargo, se incluye una relación de los correspondientes nombres, cargos y experiencia de los participantes. El grupo de entrevistados incluye un total de 13 profesionales con larga experiencia en los sistemas de administración del territorio en países de Iberoamérica. Sus edades oscilan entre los 29 y 63 años, con una media de 53,5. Entre los expertos, 8 son hombres y 5 mujeres.

En cuanto al nivel de estudios y formación académica, todos los participantes son titulados universitarios, en diferentes ámbitos, que van desde Ingeniería civil (2), Ingeniería agronómica (1), Ingeniería geomática (2), licenciado en sociología y antropología (2), derecho (2), licenciado en geografía (3), economista (1). A nivel de postgrado, 3 han completado estudios de maestría, y tres de ellos poseen título de doctorado.

Los países de origen también son muy diversos: Argentina, Chile, Colombia, El Salvador, España, Honduras, Países Bajos, Suiza, y Uruguay. Aunque no necesariamente los países en los que han trabajado, en relación con la administración del territorio, se corresponden con su país de origen.

Todos los entrevistados (Figura 1), excepto uno, tienen una experiencia en SAT de más de 15 años, con un promedio de 23.7 años. Solo un entrevistado tiene una experiencia de solo 3 años.



Figura 1. Imágenes de los expertos entrevistados con su nombre y país de procedencia. Fuente: elaboración propia.

Para esta investigación, es importante utilizar un número de expertos estadísticamente representativo. Su valor se deriva

de su conocimiento, su experiencia y su comprensión del tema de investigación, lo que los hace considerados líderes de opinión dentro de su categoría. Por otro lado, se utilizó el principio de saturación para limitar y justificar el número de participantes expertos, haciendo innecesarias entrevistas adicionales. Como se puede apreciar en la Tabla 1, los expertos han desempeñado diferentes roles en varias entidades:

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Espanã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Tabla 1. Tabla perfil entrevistados (ordenados alfabéticamente). Fuente: elaboración propia.

Nombre	Apellidos*	Años experiencia	País	Experto SAT
MANUEL	ALCÁZAR	38	España	Profesor de catastro y valoración en la Universidad de Jaén
GOLGI	ÁLVAREZ	22	El Salvador/ Honduras	Consultor especialista en Modelos de Gestión del Territorio para la Administración de Tierras en los procesos de modernización de Catastro.
SYLVIA	AMADO	16	Uruguay	Exdirectora Catastro de Uruguay, ExPresidenta CPCI. Fundadora y presidenta de la Red Interamericana de Catastro y Registro de la Propiedad (RICRP). Desde 2020 consultora mundial, FAO, BID
RAFAELLA	ANILIO	3	Chile	1 año en administración de tierras. Experta de información geoespacial 3 años
MARÍA SILVIA	CÉSPEDES	32	Chile	32 años en Catastro Chile
LORENZ	JENNI	23	Suiza	Consultores en Sistemas de Administración del Territorio y SIG, asesores para la implementación, actualización y modernización en Catastro. Empresa LandNetwork
IVÁN	MATIZ	20	Colombia	Trayectoria en áreas de catastro, registro, planeación y ordenamiento territorial, políticas públicas y derecho civil. Diferentes cargos públicos relacionados con catastro y administración del territorio. Consultor organismos nacionales en Colombia, y a nivel internacional para el Banco Mundial
MATHILDE	MOLENDIJK	20	Países Bajos	Regional manager LAT Kadaster Docencia en Universidad en SIG y administración de tierras
ALAIN A.	PAZ	22	Honduras	Consultor en Administración de tierras, especialista en la parte catastral y de regularización. Consultor del Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y FAO
MOISÉS	POYATOS	18	España/Suiza	Consultores en Sistemas de Administración del Territorio y SIG, asesores para la implementación, actualización y modernización en Catastro. Empresa LandNetwork
AMALIA	VELASCO	37	España	En la Dirección General del Catastro en España (DGC) ha sido responsable de relaciones internacionales. Miembro del CPCI. Representante en UN-GGIM para Europa, en Land Administration. Miembro de EuroGeographics. Participación y miembro en FIGC7 y en el grupo sobre FELA de UN-GGIM.
IGNACIO	DURAN	35	España	Experto en Catastro. Análisis, diseño y desarrollo de proyectos de catastro en diferentes países de América Latina. 25 años en Dirección General del Catastro en España. Fue uno de los impulsores de la creación del Comité Permanente del Catastro de Iberoamérica y Europa.
MARIO	PIUMETTO	24	Argentina	Agrimensor especialista en sistemas de información geográfica, cartografía, catastro y tributación inmobiliaria. 8 años como director de catastro en Argentina. Docente, profesor de Catastro en la Universidad Nacional de Córdoba, en Argentina.

3.3.2. Estructura de las entrevistas

Las preguntas de la entrevista se estructuraron entorno a tres categorías principales relacionadas con:

1. Aspectos generales sobre los SAT
2. Cartografía y seguridad jurídica
3. Cartografía como base de la tributación

En cada categoría se abordaron los siguientes temas:

- I. Aspectos generales sobre los SAT
 - principales debilidades y fortalezas de los SAT,
 - principales necesidades,
 - comparación con países europeos: identificar iniciativas útiles a replicar
- II. Cartografía y seguridad jurídica
 - principales debilidades,
 - importancia de la cartografía para alcanzar la seguridad jurídica,
 - conocimiento y aplicación de la metodología FFP
- III. Cartografía como base de la tributación
 - problemas para confeccionar catastro con valores referenciados al mercado e identificados espacialmente,
 - contribución de la cartografía a la asignación de valores y definición de tributos,
 - datos necesarios para hacer más aceptados y equitativos los tributos

3.3.3. Análisis de las respuestas

Como resultados del análisis de las entrevistas a los expertos se pueden extraer las siguientes conclusiones, agrupadas por categorías:

I. Aspectos generales, para mejorar:

- Conciencia e interés necesidad de mejora. Buenos profesionales.
- Existencia de gran heterogeneidad y catastros más enfocados a un fin fiscal. Necesidad coordinación Catastro-Registro.
- Muchas organizaciones sin competencias claras, sin sistema nacional que coordine. Necesidad de colaboración institucional, y roles claros.
- Inestabilidad (política, fondos, profesionales capacitados). Catastros incompletos, desactualizados. Necesidad de sostenibilidad.
- Necesidad uso de estándares e interoperabilidad.
- Falta de transparencia. Sistemas no fiables. Necesidad de aportar confianza. Colaboración con el sector privado.
- Excesiva burocracia y procesos complejos para el ciudadano. Necesidad de simplificar.
- Iniciativas desde Europa que funcionan, pero adaptar al contexto.

II. Cartografía y seguridad jurídica, necesidades:

- Necesidad de esfuerzos en cartografía básica, con proyectos específicos.
- Necesidad de actualización y mantenimiento.
- Necesidad de una institución nacional que coordine.
- Necesidad de cartografía catastral con mayor enfoque en la seguridad jurídica. Necesidad de un Registro con información gráfica.
- Necesidad de generar cartografía de modo eficiente. Con calidad, pero adaptada al propósito.
- Necesidad de uso de estándares, interoperabilidad, digitalización, automatización.
- Necesidad de involucrar a la comunidad. Con controles técnicos. Colaboración del sector privado.
- Uso de metodologías mixtas.

III. Cartografía como base de la tributación:

- Cálculo del valor catastral fundamental como base de la definición y estimación del tributo.
- No hay unanimidad en las metodologías de valoración a utilizar, ni se cuenta con información georreferenciada de los inmuebles.
- Existencia de un catastro georreferenciado permite definir y concretar las variables explicativas del valor y obtener resultados de valor más próximos a la realidad (catastros con valores referenciados al mercado).
- Una mayor y mejor información catastral a través de datos georreferenciados, permitiría mejorar el alcance de los tributos en cuanto a masa social, contribuiría a crear una cultura catastral, porque los pagadores entenderían mejor el valor, y si se incorporan datos relativos a aspectos socioeconómicos y a características del inmueble incluso permitiría la definición de impuestos progresivos.

3.2. Encuesta DISATI al CPCI

401

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Espanã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

A partir de los resultados anteriores, se decidió hacer una encuesta a los organismos miembros de CPCI, para que aportaran su punto de vista institucional, a la vez que se solicitaban algunos datos que permitieran actualizar la información recopilada en un estudio previo, conocido como Data Catastro (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica - CPCI, 2011) realizado por el CPCI de 2008 a 2011. Dicha encuesta se realizó a través de un formulario de Google Forms, y fue contestada desde septiembre de 2024 hasta finales de diciembre de 2024.

3.2.1. Estructura encuesta DISATI al CPCI

La encuesta se realizó en español, con un total de 99 preguntas agrupadas por temas, con una duración aproximada de respuesta de algo más de 1 hora. El enlace a la encuesta sigue disponible (CCASAT UPV, 2024).

La encuesta se encuentra agrupada en los siguientes temas:

- A. Datos organismos encuestados (preguntas 1-18)
- B. General sobre Catastro (19-53)
- C. Cartografía catastral (54-66)
- D. Cartografía catastral y seguridad jurídica (67-77)
- E. Información catastral y valoración-tributación (78-86)
- F. Información sobre satisfacción (87-99)

3.2.2. Perfil de los encuestados

La encuesta va enfocada a organismos miembros del CPCI, y ha sido contestada por alguno de sus representantes. En total se recibieron 32 encuestas que representan a 28 instituciones miembros de 13 países; se consideraron todas ellas válidas.

El análisis de los resultados de la encuesta permitió caracterizar el perfil de los participantes. De manera general, los resultados reflejan que la muestra analizada se caracteriza por una marcada presencia masculina y de personas en rangos de edad intermedia y avanzada, con una concentración significativa en el grupo de 50 a 59 años. Igualmente, se observa una tendencia hacia perfiles que desempeñan funciones de dirección y gestión, lo cual sugiere que los encuestados suelen estar vinculados a áreas estratégicas, o de toma de decisiones de impacto nacional en materia catastral (Figura 2).

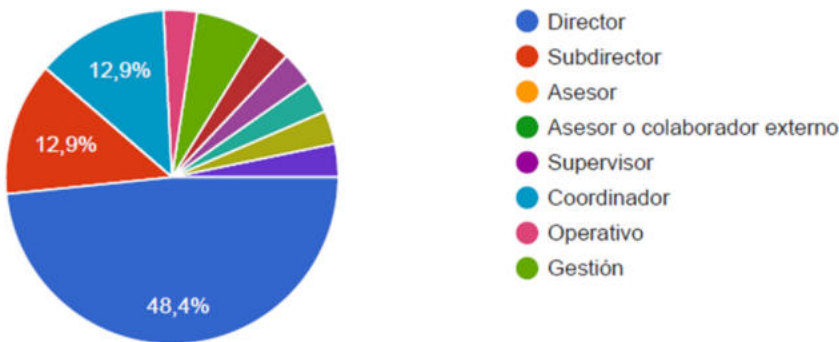


Figura 2: Resultado roles encontrados en las respuestas a la encuesta DISATI al CPCI.

La formación académica es variada, aunque con predominio de ingenierías afines al catastro, acompañada de una participación significativa de juristas y administradores. Finalmente, el hecho de que la gran mayoría de participantes haya ocupado cargos de liderazgo refuerza la idea de que los encuestados representan en su mayoría a actores institucionales con influencia en la gestión catastral.

3.2.3. Resultados preliminares de la encuesta DISATI al CPCI

Para este estudio preliminar se han seleccionado algunas preguntas clave como las siguientes:

- 1) Para el análisis de la cobertura se encuentran las preguntas B.21. (¿Cuál es la cobertura del catastro en zonas urbanas en su territorio?), y B.22. (¿Cuál es la cobertura del catastro en zonas rurales en su territorio?). La Figura 2 muestra los resultados obtenidos.

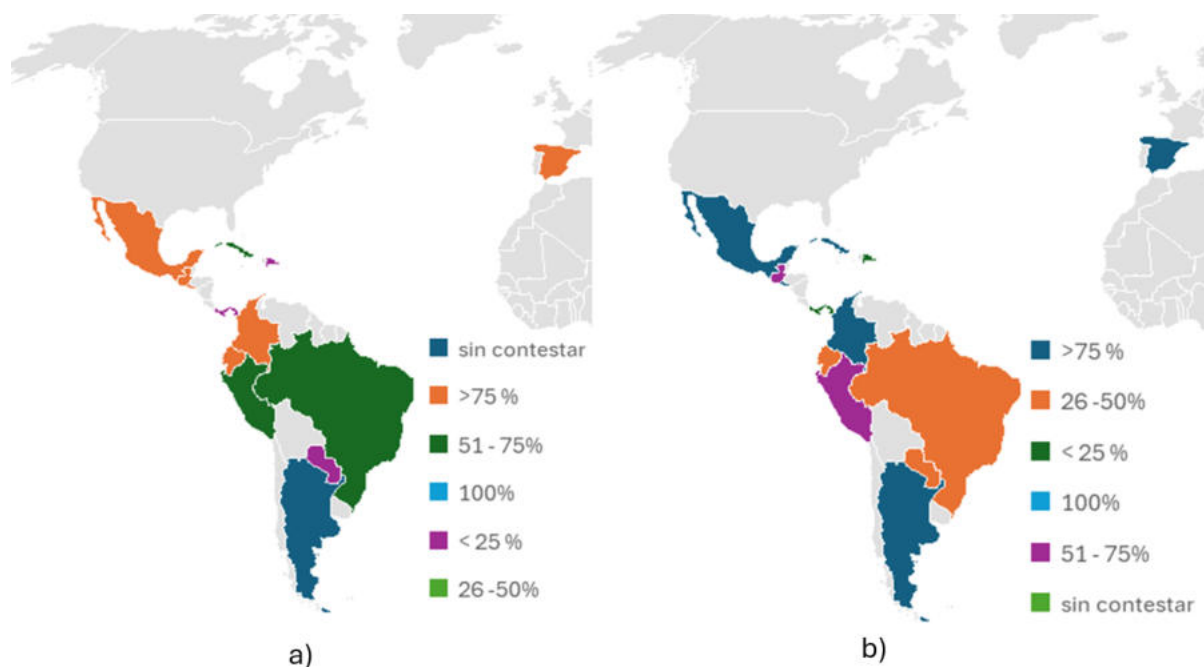


Figura 2. Cobertura del catastro en zonas urbanas (a)) y rurales, (b)).

- 2) Para el análisis de la actualización de los datos catastrales, se encuentran las preguntas B.23. (¿Cuál es el porcentaje de actualización catastral en zonas urbanas?), y B.24. (¿Cuál es el porcentaje de actualización catastral en zonas rurales?). La Figura 3 muestra los resultados obtenidos.

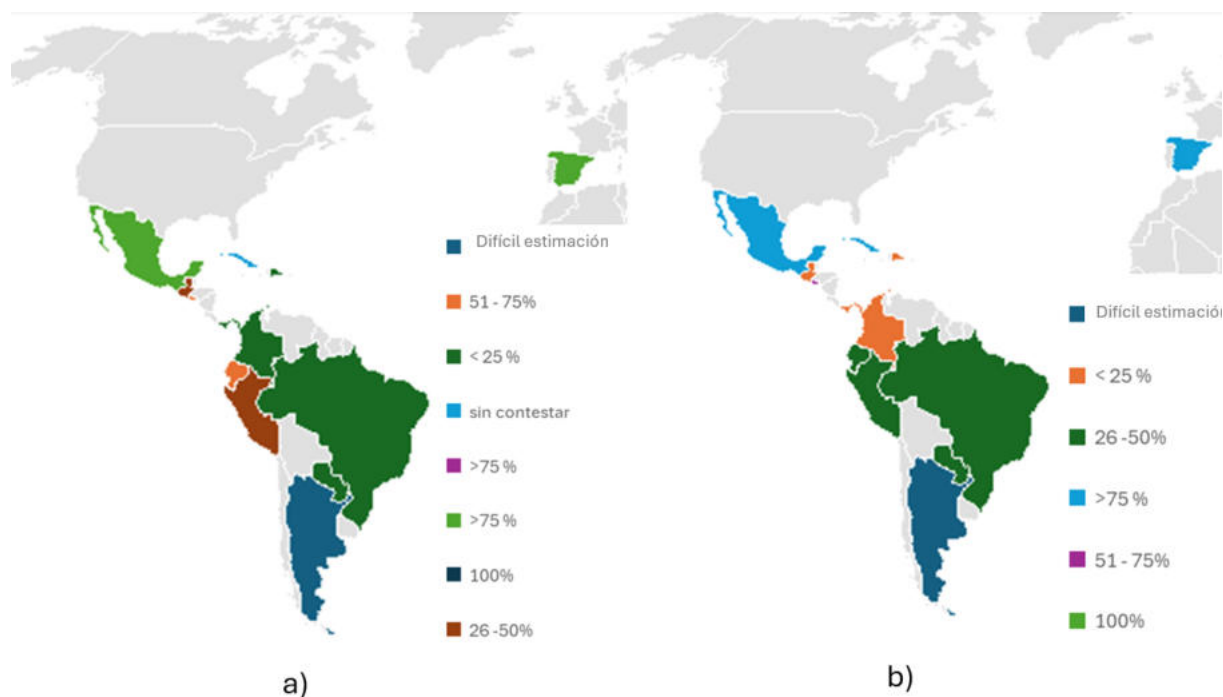


Figura 3. Grado de actualización del catastro en zonas urbanas (a)) y rurales, (b)).

- 3) ¿Cuál es el nivel de integración de tecnologías de información geoespacial en los procesos de gestión catastral en su país? (pregunta B.27): Estableciendo tres clases, los resultados ofrecen 9 respuestas como Alto, 14 como Medio y 9 como Bajo.
- 4) ¿Mayormente la gestión catastral de su país es de naturaleza centralizada o descentralizada, es decir, existe más de un organismo encargado de la gestión catastral a nivel regional? (pregunta B.34): Un total de 14 centralizados y 18 descentralizados.
- 5) ¿Cómo calificaría la situación actual del catastro y la administración del territorio en su país? (ítem F.87): De peor a mejor, sobre una escala de 1 a 5. Los resultados ofrecen una apreciación de 1 país con nota 1, 4 países con nota 2, 14 países con nota 3, 10 países con nota 4 y 2 países con nota 5.
- 6) ¿Qué tan satisfecho está con la calidad de la información catastral disponible en su país? (pregunta F.88): Con la misma escala de 1 a 5, las respuestas son: 2 territorios con nota 1, 6 territorios con nota 2, 13 territorios con nota 3, 10 territorios con nota 4 y 1 territorio con nota 5.
- 7) ¿Qué tan satisfecho está con el nivel de colaboración entre las diferentes instituciones relacionadas con el catastro y la administración del territorio en su país? (pregunta F.89). Con la misma escala de 1 a 5, el resultado es: 4 con nota 1, 6 con nota 2, 16 con nota 3, 5 con nota 4 y 1 con nota 5.
- 8) ¿Qué tan eficientes considera que son los procesos de mantenimiento y actualización de datos catastrales en su país? (pregunta F.91): Con la misma escala de 1 a 5: 5 asignaron nota 1, 7 nota 2, 13 nota 3, 6 nota 4 y 1 nota 5.
- 9) ¿Cómo evaluaría la disponibilidad de recursos financieros para la gestión del catastro y la administración del territorio en su país? (pregunta F.92). Sobre la misma escala de

1 a 5: se tienen 5 encuestados con nota 1, 14 con nota 2, 9 con nota 3, 4 con nota 4 y ninguno con nota 5.

10) ¿Cuál es el grado de satisfacción con la interoperabilidad de los sistemas de información geográfica y catastrales en su país? (pregunta F.94). Con la escala de 1 a 5, se tiene un total de: 5 con nota 1, 11 con nota 2, 9 con nota 3, 6 con nota 4 y 1 con nota 5.

11) ¿Qué grado de importancia le asignaría a la participación ciudadana en la gestión catastral y de la tenencia de la tierra en su país? (pregunta F.96). A esta pregunta los encuestados responden: 15 como Alto, 8 como Medio, 8 como Bajo y 1 como Nulo.

12) ¿Qué nivel de importancia le asignaría a la cooperación internacional en el desarrollo y fortalecimiento del catastro en su país? (pregunta F.98). Como en la anterior, las respuestas son: 21 como Alto, 9 como Medio y 2 como Bajo.

Estos resultados permiten realizar un primer análisis, aunque hay que profundizar más en el mismo ya que, aunque las contestaciones son muy relevantes ya que representan a instituciones, estas son limitadas en número. Por ello, para mejorar el estudio se debería separar por perfil, institución y país de los encuestados, ya que parte de la información puede estar sesgada en algunas preguntas concretas.

3.2.4. Análisis preliminares de la encuesta DISATI al CPCI: Evaluación uso herramientas y tecnología

A partir de algunas respuestas se ha intentado evaluar el uso de herramientas y tecnología para comprobar cuál es el nivel de integración tecnológica, la idoneidad de las herramientas y si se está recurriendo a tecnologías como la teledetección y la inteligencia artificial, tecnologías de fotogrametría. Las preguntas que se ha considerado relevantes para este análisis fueron:

- B.26. ¿La organización cuenta con herramientas tecnológicas adecuadas para la gestión de la información catastral? Comenta algunas.
- B.27. ¿Cuál es el nivel de integración de tecnologías de información geoespacial en los procesos de gestión catastral en su país?.
- B.30. ¿Se están aplicando adecuadamente las tecnologías como la teledetección y la inteligencia artificial en la gestión catastral en su país?.
- B.31. ¿Se están aplicando adecuadamente las tecnologías de fotogrametría en la gestión catastral en su país?.
- B.33. ¿En su país/región existe algún plan programado para captura y actualización de la información catastral?.
- B.41. ¿Cómo consideras que es la legislación y normativa en materia de catastro y administración del territorio en tu país?
- B.40. ¿Consideras que el SAT de tu país cuenta con suficientes recursos humanos y financieros para su funcionamiento?.

Utilizando una escala de Likert, se ha intentado cuantificar el grado de sofisticación del catastro en cada país, y definir lo que podría llamarse un *índice de desarrollo-madurez*. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos, donde destaca el caso de España y por detrás le siguen Colombia, Paraguay y México.

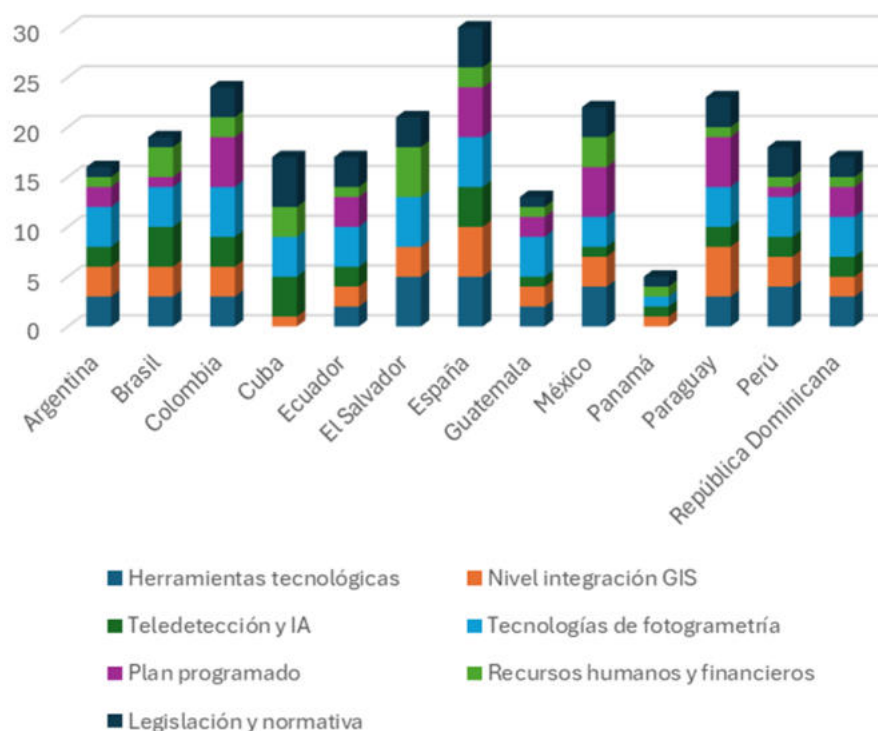


Figura 4: Índice de desarrollo-madurez de cada país, utilizando la escala de Likert. Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

El diagnóstico realizado a través de entrevistas a expertos internacionales y encuestas a organismos catastrales miembros del CPCI permite extraer varias conclusiones generales sobre el estado y los desafíos de los SAT en Iberoamérica:

- Heterogeneidad y coordinación institucional: Se presentan gran diversidad y una separación persistente entre catastro y registro. Es prioritario mejorar la coordinación interinstitucional, clarificar competencias y avanzar hacia sistemas más integrados.
- Cartografía para seguridad jurídica y tributación: La cartografía es fundamental para garantizar derechos y sustentar la fiscalidad, aunque persisten deficiencias: desactualización, falta de estándares e insuficiente articulación con el registro de la propiedad.
- Sostenibilidad y actualización de datos: Los sistemas sufren inestabilidad de recursos humanos, técnicos y financieros. La encuesta confirma bajos niveles de satisfacción en actualización y mantenimiento, especialmente en zonas rurales.
- Valoración y equidad tributaria: Un catastro georreferenciado con información socioeconómica mejoraría la equidad y aceptación de los tributos, pero la falta de metodologías unificadas de valoración sigue siendo un desafío clave.

- Brecha tecnológica: Aunque algunas instituciones aplican teledetección, IA o fotogrametría, la integración tecnológica es desigual. Se requieren planes nacionales de modernización y actualización sistemática de datos.
- Cooperación y participación social: La cooperación internacional es vista como esencial para modernizar los SAT. También se destaca la importancia de involucrar a la ciudadanía para mejorar transparencia, confianza y legitimidad.

En síntesis, los SAT en Iberoamérica presentan avances significativos, pero aún afrontan limitaciones estructurales, técnicas y financieras. Para consolidar su papel en la seguridad jurídica y en la fiscalidad territorial, resulta imprescindible impulsar la interoperabilidad institucional, la actualización cartográfica y la integración tecnológica, junto con un mayor compromiso político, social e internacional.

A partir de los datos de la encuesta se pretende continuar con el análisis teniendo en cuenta las necesidades planteadas por el CPCI; además de analizar resultados diferenciando países y perfiles de encuestados e instituciones.

REFERENCIAS

CCASAT UPV. (2023). Proyecto DISATI. <https://ccasat.webs.upv.es/2023/11/28/disati-diagnostico-sobre-la-situacion-del-sistema-del-territorio-en-iberoamerica/>

CCASAT UPV. (2024). *Formulario Encuesta DISATI al CPCI*. <https://forms.gle/gLhXFZcXufqFSNGo6>

Centre for Spatial Data Infrastructures and Land Administration - CSDILA. (n.d.). *Cadastral Template 2.0*. Retrieved November 11, 2024, from <https://cadastraltemplate.org/>

Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica - CPCI. (2011). *Data Catastro*. http://www.catastrolatino.org/documentos/Datacatastro_edicion_3.pdf

CPCI. (2024, November 11). *Comité Permanente sobre el Catastro en Latinoamérica*. <http://www.catastrolatino.org/miembros.html>

Femenia-Ribera, C., Mora-Navarro, G., Marques-Perez, I., Terol, E., & Quiza-Neuto, C. (2025). Diagnosis of the Situation of the Land Administration System in Ibero-America. *Land*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/land14071376>

IPRA-CINDER. (n.d.). *IPRA-CINDER | Centro Internacional de Derecho Registral*. Retrieved November 11, 2024, from <http://ipra-cinder.info/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores, & Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria. (2022). *Estado del Arte de los Catastros y Registros de Tierras Rurales en América Latina y el Caribe*.

407

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Españã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianopolis, Santa Catarina, Brazil

<https://www.gov.br/incra/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/estudo-cadastro-america-latina.pdf>

PCC. (2020). *Permanent Committee on Cadastre in the European Union (PCC)*. <http://www.eurocadastre.org/>

Rajabifard, A., Steudler, D., & Williamson, I. (2004). A cadastral template: worldwide comparison of cadastral systems. *GIM International*, 18(05), 12–15. <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:20043080659>

RICRP. (2024, November 11). *Red Interamericana de Catastro y Registro de la Propiedad*. <https://www.oas.org/ext/es/democracia/catastro>

UNE-EN ISO 19152:2013 *Información geográfica. Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM) (ISO 19152:2012)*. (2013). Comité: CTN 148- Información Geográfica Digital; UNE. Normalización Española. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0051754>

UN-GGIM LA. (2020). *Marco para la Administración Efectiva del Territorio (FELA)*. <https://ggim.un.org/Expert-Group-LAM.cshtml/>

Velasco, A. (2023, July). Contribution of the Cadastre to the Welfare State; the Role of Cadastre in Real Estate Valuation and Taxation. *Meeting of the Permanent Committee on Cadastre in the European Union (PCC)*. https://eurogeographics.org/app/uploads/2023/07/Sesion-Amalia-Velasco_Questionnaire.pdf

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto está financiado por la Universitat Politècnica de València dentro del programa (PAID-06-22). Este proyecto ha sido financiado parcialmente con ayuda de la Cátedra Nova Cartografía de la UPV. Agradecemos la colaboración del CPCI y de la Dirección General del Catastro (DGC) de España. En particular, estamos agradecidos por la cooperación de las personas que generosamente se ofrecieron como voluntarias para participar en las entrevistas, entre ellas Alain Adalberto, Amalia Velasco, Golgi Álvarez, Ignacio Durán, Iván Matiz, Lorenz Jenni, Moisés Poyatos, Manuel Alcázar, Mario Piummetto, Mathilde Molendij, María Silvia Céspedes, Rafaella Anilio y Sylvia Amado.

NOTAS BIOGRÁFICAS

Carmen Femenia-Ribera

Profesora Titular de Catastro. Miembro Comisión 7 FIG, UN-GGIM AN y CPCI

Inmaculada Marqués Perez

408

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Espanã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM) 3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Profesora de economía agraria y valoración

Gaspar Mora-Navarro

Profesor de desarrollos web y geoportales. Miembro UN-GGIM AN

Enric Terol

Profesor de Sistemas de Información Geográfica

Cristhian Quiza Neuto

Alumno Máster Ingeniería Geomática y Geoinformación (UPV). Ingeniero Ambiental.
Profesor de Sistemas de Información Geográfica

CONTACTOS

Carmen Femenia-Ribera

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF) de la Universitat Politècnica de València (UPV)

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

ESPAÑA

Tel. +34 96 3877160

Email: cfemenia@cgf.upv.es

Página web: <http://ccasat.upv.es>

Inmaculada Marqués Pérez

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural y Departamento de Economía y Ciencias Sociales (DECS) de la Universitat Politècnica de València (UPV)

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

ESPAÑA

Tel. +34 96 3877000 ext. 74705

Email: imarques@esp.upv.es

Página web: <http://ccasat.upv.es>

Gaspar Mora-Navarro

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF) de la Universitat Politècnica de València (UPV)

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

ESPAÑA

Tel. +34 96 3877160

Email: joamona@cgf.upv.es

409

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, España y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDN, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Página web: <http://ccasat.upv.es>

Enric Terol

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) y Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría (DICGF) de la Universitat Politècnica de València (UPV)

Camino de Vera, s/n

46022 Valencia

ESPAÑA

Tel. +34 96 3877160

Email: eterol@cgf.upv.es

Página web: <http://ccasat.upv.es>

Cristhian Quiza Neuto

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica (ETSIGCT) de la Universitat Politècnica de València (UPV)

COLOMBIA

Email: caquineu@topo.upv.es

Página web: <http://ccasat.upv.es>

Carmen Femenia-Ribera, Inmaculada Marqués Pérez, Gaspar Mora-Navarro, Enric Terol, Espanã y Cristhian Quiza-Neuto, Colombia

Perspectivas sobre la administración de tierras y la cartografía en Iberoamérica: lo que revelan los expertos y los organismos catastrales

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Uma análise dos impactos das seis declarações do CADASTRO 2014 no desenvolvimento do sistema cadastral brasileiro

Suzana Daniela Rocha Santos E SILVA, Régis Fernandes BUENO e Artur Caldas BRANDÃO, Brasil

Key words: Cadastro 2014, Land Cadastre, Brazilian Cadastral System Cadastral, Land Governance.

SUMMARY

The 13th International Workshop of the International Federation of Surveyors (FIG) in Brazil is an excellent opportunity to discuss the impact of the six Statements of Cadastre 2014 on the development of the Brazilian cadastral system. Nearly three decades after its publication, it is essential to assess the main actions undertaken in the country to build and consolidate this system, identifying what is already aligned with the Statements and Principles of Cadastre 2014, what has not yet been adequately addressed, and the challenges to its effective nationwide implementation. Since 1998, the topic has gained prominence on Brazil's agenda and spurred various initiatives aimed at improving the cadastral system. Even so, these efforts have been insufficient to establish a land cadastre in which rights, restrictions, and responsibilities (RRR) are unequivocally defined, in compliance with the requirements of the Real Estate Registry. Problems persist, such as the difficulty in clearly identifying all RRR affecting the territory, fragmentation of the organizational structure, the absence of a nationwide regulatory framework, an incomplete cadastral database, disaggregated information, and outdated cadastral data. In light of the commitments to sustainable development and the targets of the 2030 Agenda, a critical reflection on each initiative already undertaken is necessary, with a view to remedying the remaining weaknesses and promoting the adjustments required to achieve Cadastre 2014 compliance in Brazil.

Palavras-chave: Cadastro 2014, Cadastro Territorial, Sistema cadastral brasileiro, Governança de terras.

RESUMO

A realização do 13º Workshop Internacional da Federação Internacional de Agrimensores (FIG) no Brasil representa uma boa oportunidade para discutir o impacto das seis declarações do CADASTRO 2014 no desenvolvimento do sistema cadastral brasileiro. Passados quase trinta anos da sua publicação, é importante avaliar quais as principais ações no país para a construção e consolidação do sistema cadastral brasileiro, identificando quais estão alinhadas com as Declarações e Princípios do CADASTRO 2014, quais não foram devidamente contemplados e quais os desafios para implantar este padrão no País. Após a sua publicação em 1998, o Brasil passou a ter uma agenda de discussões acerca do tema, além de desenvolver diferentes iniciativas na tentativa de encontrar um caminho para o aperfeiçoamento do seu

412

Suzana Daniela Rocha Santos e Silva, Régis Fernandes Bueno e Artur Caldas Brandão, Brasil
Uma análise dos impactos das seis declarações do CADASTRO 2014 no desenvolvimento do sistema cadastral brasileiro

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

sistema cadastral. Entretanto, de forma insuficiente para construir um cadastro territorial cujos direitos, restrições e responsabilidades (RRR) estivessem definidos de forma inequívoca, em atendimento às exigências do Registro de Imóveis. Apesar de tais iniciativas aqui desenvolvidas, o Brasil, ainda não conseguiu resolver problemas relacionados à identificação de forma inequívoca de todos os direitos, restrições e responsabilidades (RRR) que recaem sobre o território, bem como convive com a fragmentação na sua estrutura organizacional, com a ausência de um ambiente regulador de abrangência nacional, com a falta de completude da sua base cadastral territorial, com as informações desagregadas e com a desatualização nos seus dados cadastrais. Assim, com os acordos firmados em prol do desenvolvimento sustentável e cumprimento dos objetivos da Agenda 2030, torna-se importante uma reflexão sobre cada uma das iniciativas desenvolvidas para tentar sanar as fragilidades ainda existentes e as adequações necessárias para o cumprimento do CADASTRO 2014 no Brasil.

Uma análise dos impactos das seis declarações do CADASTRO 2014 no desenvolvimento do sistema cadastral brasileiro

Suzana Daniela Rocha Santos E SILVA, Artur Caldas BRANDÃO e Régis Fernandes BUENO, Brasil

1. INTRODUÇÃO

As diretrizes internacionais da FIG, UN-FIG, UNECE, UN-GGIM e pesquisas contemporâneas enfatizam a importância dos sistemas cadastrais e registrais como uma ferramenta de gestão do território, envolvendo aspectos sociais, ambientais e de governança. Qualquer país que queira equilibrar questões econômicas, sociais e ambientais para o alcance do desenvolvimento sustentável, deve projetar um sistema de gestão territorial que tenha como ferramenta principal um sistema cadastral e registral eficaz, por ser capaz de suportar as funções básicas da gestão da terra: apossamento, valor, uso e desenvolvimento. A crescente necessidade de sistemas de administração territorial eficientes, reforça as proposições do CADASTRO 2014 como o principal documento orientador para desenvolvimento e implementação de sistemas cadastrais adequados às necessidades atuais.

O estabelecimento desse padrão foi resultado do trabalho realizado pela Comissão 7 da FIG, que em 1994, identificou a necessidade de reformulação dos sistemas cadastrais existentes. Após a sua publicação em 1998, muitos países desenvolveram ações para implementação de seus sistemas cadastrais, dentre eles o Brasil.

Seguindo as tendências internacionais para estruturação do seu sistema cadastral em nível nacional, o Brasil passou a ter uma agenda de discussões acerca do tema, além de desenvolver diferentes iniciativas na tentativa de encontrar um caminho para o aperfeiçoamento do seu sistema cadastral. Apesar dos avanços mais significativos na administração territorial brasileira terem acontecido após publicação do CADASTRO 2014, a história demonstra que houve tentativas de instituição de um cadastro em nível nacional iniciadas ainda no Período Imperial brasileiro, com a publicação da Lei de Terras – Lei 601/1850 que, segundo alguns autores e especialistas brasileiros, mesmo que de forma indireta, foi um grande marco da organização da administração de terras brasileiras.

Após sua publicação, diferentes iniciativas aqui se desenvolveram, mas de forma insuficiente para construir um cadastro territorial cujos direitos, restrições e responsabilidades (RRR) estivessem definidos de forma inequívoca, em atendimento às exigências do Registro de Imóveis.

Tomando cada um dos seis itens das Declarações e Princípios do CADASTRO 2014, foram identificadas iniciativas brasileiras implementadas após a publicação do CADASTRO 2014, identificando as que estão alinhadas a estas diretrizes, quais destas não foram devidamente observadas e quais os desafios para atender por completo este padrão no País. Para melhor acompanhamento do leitor as declarações seguem abaixo descritas:

- **Declaração 1** "o Cadastro deve mostrar a situação jurídica completa da terra, incluindo direitos e restrições públicas";
- **Declaração 2** “a separação entre mapas e registros será abolida”;
- **Declaração 3** “Mapas analógicos não existirão mais! Viva a modelagem”

- **Declaração 4** “cadastros em papel desaparecerão”;
- **Declaração 5** “O CADASTRO 2014 será altamente privatizado! Setor público e privado estão trabalhando em estreita colaboração”; e
- **Declaração 6** “CADASTRO 2014 será de recuperação de custos”

As seguintes iniciativas foram analisadas: Georreferenciamento e certificação de imóveis rurais (Lei 10.267/2001), Cadastro Ambiental Rural - CAR (Decreto 7.830/2012), Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais -SINTER (Decreto 11.208/2022), Diretrizes para o Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM (Portaria MDR 3.242/2022), NBR ABNT 17.047/2022 - levantamento cadastral territorial para registro público, Plano de Integração de Dados e de Aprimoramento dos Sistemas Federais de Gestão Ambiental e Territorial (Portaria MGI/MMA/MDA/AGU Nº 14/2025), e o Sistema de Informações Geográficas do Registro de Imóveis -SIG-RI (Provimento CNJ 195/2025).

2. LEI 10.267 de 2001 (GEORREFERENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS)

O grande marco na história do cadastro rural brasileiro se deu com a publicação da Lei 10.267 de 28 de agosto de 2001, instituindo o novo Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), gerenciado conjuntamente pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e pela Secretaria da Receita Federal do Brasil (RFB). As principais ações implementadas a partir da Lei 10.267/2001 foram:

1. a obrigatoriedade de atualização do cadastro sempre que houver alteração nos imóveis rurais;
2. a identificação e descrição do imóvel através de memorial descritivo, elaborado por profissional habilitado, com base nas coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional fixada pelo INCRA, para os casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento e autos judiciais que versem sobre imóveis rurais;
3. o intercâmbio de informações entre os serviços do Cartório de Registro de Imóveis e o INCRA, promovendo a efetiva integração entre registro de imóveis e cadastro territorial.

Em agosto de 2013, foi criado o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) a partir da Instrução Normativa/INCRA Nº 77, para processar o requerimento de certificação da poligonal objeto de memorial descritivo de imóvel rural. O SIGEF foi desenvolvido para fazer, de forma automática, a análise dos dados, verificando a consistência das informações prestadas pelo profissional credenciado e possíveis sobreposições com outras parcelas existentes no cadastro georreferenciado do INCRA (INCRA BRASIL, 2013). Atualmente, conforme dados do SIGEF / INCRA na data 29/09/2025 temos: 1.363.280 poligonais certificadas correspondendo a imóveis privados e públicos, somando um total de 396.925.372,6301 hectares de imóveis rurais certificados. São números significativos, correspondendo a cerca de 47% da área superficial do Brasil, de 851.041.777,1 ha (IBGE, 2022).

Segundo Reydon et al. (2017) a aprovação da Lei 10267/2001 foi um passo importante para o avanço na governança de terras no Brasil, pois, com a instituição do CNIR, pela primeira vez que no Brasil tem-se um cadastro contemplando a informação geoespacial do imóvel descrita

no registro de imóveis, além de possibilitar ao país ter disponíveis informações gráficas / digitais de 65% do meio rural, correspondendo a uma estimativa das áreas totais dos imóveis rurais, viabilizando assim a gestão do território em âmbito rural.

Somente com a publicação da Lei 10.267/2001 é que o país começou a seguir tendências internacionais, com a padronização do uso de coordenadas geodésicas para caracterizar os vértices definidores dos limites dos imóveis rurais e interconexão das informações relacionadas aos imóveis certificados entre cadastro e registro de imóveis, alinhando-se a Declaração 2 que previa a abolição da separação entre mapas e registro de imóveis e a Declaração 4 “cadastros em papel desaparecerão”.

Entretanto, como a Lei 10.267 foi criada para atender a necessidade da especialização objetiva da matrícula e a falta de padrões, a partir da modificação do artigo 176 da Lei de Registros Públicos (LRP), sua aplicação fica em grande parte limitada aos imóveis privados, uma vez que o registro de imóveis tem como função primária a garantia de direitos à propriedade privada e garantia de transações comerciais. Este fracionamento do espectro cadastral pela LRP, contribui fortemente para a inexistência de um cadastro territorial que contemple a completa especialização e o registro dos interesses sobre a terra (RRR). Nas circunstâncias atuais, em geral, tais direitos não são especializados e, portanto, conhecidos e / ou localizáveis pelo registrador ou pelo usuário do sistema, conforme Declaração 1, que preconiza que os sistemas cadastrais devem mostrar a situação legal completa da terra, incluindo direitos e restrições públicas.

Na busca de representar o Continuum dos direitos da terra, como recomendado pela Declaração 1 e o conceito de cadastro da FIG, a partir da inclusão e representação de novas relações jurídicas, o INCRA vem discutindo o processo de modernização de seu sistema SIGEF a partir do modelo LADM.

3. DECRETO 7.830 de 2012 (SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL (SICAR) E CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CAR))

Em 2012, com a publicação do Decreto 7.830/2012, foram criados o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e o Cadastro Ambiental Rural (CAR). O SICAR tem como objetivo cadastrar e controlar as seguintes informações dos imóveis rurais: perímetro e localização, remanescentes de vegetação nativa, áreas de interesse social, áreas de utilidade pública, corpos d'água, Áreas de Preservação Permanente, Áreas de Uso Restrito, áreas consolidadas e Reservas Legais.

Com a institucionalização do SICAR e do CAR, pode-se afirmar que este é um avanço parcialmente aderente à Declaração 1 do CADASTRO 2014, em que o Cadastro deve mostrar a situação jurídica completa da terra, incluindo direitos e restrições públicas.

Apesar das definições do Decreto, o CAR corresponde a um registro eletrônico de natureza declaratória, sem a exigência da definição das coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro em padrão adequado e não sendo necessário o envio dos documentos comprobatórios de tais informações cadastradas, comprometendo a veracidade das informações fornecidas.

Além disso, a possibilidade que o próprio declarante pode descrever seu imóvel, pode gerar mais conflitos fundiários, uma vez que existe a possibilidade de o declarante cadastrar seu

imóvel com informações diferentes das que constam no cadastro do INCRA. Como uma das consequências deste tipo de cadastro, por exemplo, pode-se verificar neste sistema imóveis rurais com problemas de sobreposição com Terra Indígena, com Unidade de Conservação e com área embargada.

4. DECRETO Nº 11.208 DE 26 DE SETEMBRO DE 2022

Decreto nº 11.208 de 26 de setembro de 2022, que “Dispõe sobre o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER) e sobre o Cadastro Imobiliário Brasileiro (CIB) e regula o compartilhamento de dados relativos a bens imóveis”. O SINTER é mais uma ação do governo federal com o objetivo de melhorar o gerenciamento da dinâmica dos diferentes cadastros brasileiros, uma vez que pretende integrar em plataforma única os dados cadastrais, geoespaciais, fiscais e jurídicos relativos a bens imóveis e aos assim considerados para efeitos legais. Para fins do decreto, os dados cadastrais são divididos em cadastros de origem e cadastros temáticos. Segundo o Art. 3º:

II - cadastro de origem - cadastro de imóveis urbanos e rurais, públicos e privados, localizados no território nacional, com dados georreferenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro, os quais alimentam os bancos de dados do SINTER para fins de inscrição no CIB ou de formação de camada temática;

III - camada temática - conjunto de informações sobre tema específico relacionado com as informações territoriais, como ambiental, fiscal, agrário, de infraestrutura, socioeconômico, entre outros;

Segundo o Art. 6º o SINTER é administrado pela Secretaria Especial da Receita Federal do Brasil (RFB) do Ministério da Economia, à qual compete disponibilizar os dados geoespaciais do SINTER e do CIB para o Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais, rede integrante da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

A partir da Reforma Tributária sobre o Consumo (RTC), aprovada por meio da Emenda Constitucional nº 132, de 2023, com o objetivo de simplificar o sistema tributário quanto aos impostos incidentes sobre o consumo e Lei Complementar (LC) nº 214, de 2025, ficou estabelecida a obrigatoriedade de os imóveis rurais e urbanos serem inscritos no CIB, em ambiente nacional de dados entre as administrações tributárias federal, estaduais, distrital e municipal (BRASIL, 2025), integradas a partir do SINTER. Essa iniciativa alinha-se parcialmente às Declarações 2 “separação entre mapas e registros será abolida”, a 3 “Mapas analógicos não existirão mais! Viva a modelagem” e 4 “cadastros em papel desaparecerão” do CADASTRO 2014.

Esse alinhamento é parcialmente atendido pela razão de, ainda não existir para os imóveis urbanos, assim como para os rurais (Lei 10.267), uma legislação que exija o georreferenciamento com a troca e o compartilhamento obrigatório de informações entre cadastro e registro. Além disso, as normas e padrões utilizados para modelagem dos cadastros urbanos dizem respeito apenas aos padrões do mapeamento topográfico nacional, uma vez que no Brasil tem-se o problema de entendimento do conceito do cadastro territorial. Essa falta de entendimento limita a produção da carta cadastral contendo os elementos essenciais aos mapeamentos cadastrais com base no conceito da FIG e dos limites legais das parcelas territoriais, como preconizado na Declaração 1.

5. PORTARIA MDR Nº 3.242, DE 9 DE NOVEMBRO DE 2022

Portaria MDR nº 3.242, de 9 de novembro de 2022 que “Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM, nos municípios brasileiros”. As diretrizes são uma iniciativa do governo federal para regulamentação efetiva do cadastro urbano no Brasil. Entretanto, por não ser uma lei, trata-se de uma iniciativa de caráter voluntário, de não obrigatoriedade por parte dos municípios. Mesmo não sendo obrigatória sua adesão, às diretrizes foram e são usadas no desenvolvimento dos sistemas cadastrais urbanos desenvolvidos e em processo de desenvolvimento.

Segundo o Art. 1º da portaria, o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) é constituído pelos dados do cadastro territorial associados aos dados dos cadastros temáticos. O cadastro territorial é o inventário oficial e sistemático das parcelas do município e deve ser a base geométrica de todos os cadastros temáticos do município. Segundo o Art. 3º o modelo de Cadastro Territorial Multifinalitário articula o cadastro territorial com os cadastros temáticos através de sistemas de informação que tornam interoperáveis as bases de dados geoespaciais e alfanuméricas de diversas instituições.

O Art. 13. define que o Cadastro Territorial Multifinalitário deve conter os dados necessários à gestão territorial, observando a estruturação de metadados conforme preconizado pela INDE. Igualmente esta Portaria alinha-se parcialmente as declarações 3 “Mapas analógicos não existirão mais! Viva a modelagem” e 4 “cadastros em papel desaparecerão” do CADASTRO 2014. Esse alinhamento parcial deve-se aos motivos já expostos anteriormente sobre a falta de entendimento do conceito do cadastro territorial e confusão com o mapeamento topográfico.

Além disso, o cadastro urbano sempre foi visto de uma perspectiva estreita, com uma visão meramente tributária, não considerando o papel central que o sistema cadastral desempenha na gestão da terra, no planejamento e no registro e representação de todos os direitos e restrições do território, como recomenda a primeira declaração.

Apesar de inúmeras iniciativas realizadas para o desenvolvimento e implementação do cadastro urbano, desde a década de 1970, a exemplo do financiamento de projetos de Cadastro Técnico Municipal pelo SERFHAU, Projeto CIATA, PMAT, PNAFM, mas também com instruções orientadoras como a Portaria Ministerial Nº 511 de 07 de dezembro de 2009 e sua atualização, Portaria Nº 3.242, de 9 de novembro de 2022, todas se deram de forma isolada, sem levar em consideração, principalmente, os aspectos políticos e administrativos. Assim, poucos municípios brasileiros possuem um sistema cadastral implantado.

Com base no Perfil dos municípios brasileiros, publicado em 2019 pelo IBGE, 93,3% dos Municípios possuem cadastro imobiliário, para fins meramente tributários. Esse número induz a um grande equívoco, uma vez que o aspecto tributário do cadastro não representa o espectro de possibilidades que essa ferramenta proporciona para a administração do território e garantia dos direitos de propriedade.

Durante a cerimônia de lançamento do SINTER, ocorrida em 08 de dezembro de 2022 em Brasília, a RFB divulgou uma estimativa de que menos de 20% dos municípios brasileiros possuíam alguma forma de cadastro imobiliário com referência cartográfica, evidenciando uma grave situação que precisa ser revertida.

Entretanto, como os cadastros urbanos são vistos apenas como uma ferramenta tributária, a partir da RTC e obrigatoriedade do CIB, que estabelecem a obrigatoriedade de

compatibilização dos cadastros territoriais, por todos os entes federativos, nos padrões definidos pelo CIB, por meio do SINTER, até 2029, os municípios brasileiros terão que desenvolver seus sistemas cadastrais.

Isso pode ocasionar no atendimento às declarações 2 “A separação entre 'mapas' e 'registros' será abolida”, uma vez que o SINTER se propõe integrar as informações cadastrais e registrais, solucionando assim um problema histórico de falta de integração entre as informações cadastrais e registrais de imóveis urbanos dos municípios brasileiros. Como o SINTER é um ambiente digital, a declaração 3 “Mapas analógicos não existirão mais! Viva a modelagem”, será parcialmente atendida.

Atualmente muitos dos municípios brasileiros ainda desenvolvem seus sistemas baseados em papel, a partir da metodologia CIATA - Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico – que foi implantado, de forma experimental (1973/74), pela Secretaria de Economia e Finanças do Ministério da Fazenda do Brasil, com recursos do Programa de Assistência Técnica - PRAT e, por meio do Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro). Com a obrigatoriedade do CIB e adesão ao SINTER, a declaração 4 “cadastros em papel desaparecerão” será também parcialmente atendida. As declarações 3 e 4 serão parcialmente atendidas uma vez que os cadastros serão desenvolvidos para fins tributários, não representando o contínuo de direitos e informações necessárias ao cadastro territorial, a exemplo dos limites legais dos imóveis, consequência da falta de entendimento do conceito do cadastro territorial e confusão com o mapeamento topográfico.

Apesar dos cadastros urbanos possuírem sua administração fragmentada, realizada pelos 5.570 municípios existentes, cada município faz a sua gestão. Nesse contexto, a administração dos cadastros é realizada pelos governos municipais, mas o seu desenvolvimento geralmente acontece por meio de empresas privadas, como define a declaração 5 “O CADASTRE 2014 será altamente privatizado! Setor público e privado estão trabalhando em estreita colaboração”. A atualização das bases cadastrais existentes, assim como a criação de sistemas cadastrais em municípios que ainda não o tem, possibilitará um aumento de receita dos municípios brasileiros, atendendo assim a declaração 6 “CADASTRE 2014 será de recuperação de custos”. A partir da integração das ações da Portaria MDR nº 3.242/2022, Reforma Tributária sobre o Consumo e Cadastro Imobiliário Brasileiro se bem implementados, representarão um avanço significativo para os sistemas cadastrais urbanos brasileiros.

6. PADRÕES PARA LEVANTAMENTOS CADASTRAIS TERRITORIAIS

Desde a promulgação da Lei 10.267, coube ao INCRA a definição de padrões para levantamentos cadastrais. A primeira norma foi publicada em novembro de 2003, com aprimoramentos ao longo destes anos, evoluindo conforme a sedimentação do conhecimento, os aprimoramentos desenvolvidos, como o SIGEF e a evolução das geotecnologias. O atual Manual Técnico de Georreferenciamento de Imóveis Rurais foi aprovado pela Portaria Nº 2.502, de 22 de dezembro de 2022, publicada no Diário Oficial da União no dia 23 de dezembro de 2022, é acompanhado do Manual para Gestão da Certificação de Imóveis Rurais, Portaria nº 698, de 12 de abril de 2022. Este conjunto estabelece regramentos que

orientam e padronizam os levantamentos cadastrais territoriais de imóveis rurais, no contexto da LRP, alinhando-se à declaração 2.

No âmbito da ABNT, pela Comissão de Estudo de Serviços Topográficos da ABNT/CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil – Cobracon - CE-02:133.17, foi desenvolvida a NBR 17.047, publicada em 30/06/2022. Esta norma estabelece padrões para o levantamento cadastral territorial de imóveis urbanos, fixando condições específicas para o “levantamento cadastral territorial para registro público nos casos de usucapião, parcelamento do solo, unificação e retificação de matrícula”. A norma também estabelece os critérios para levantamento dos objetos territoriais (físicos e legais). Dessa forma, a norma alinha-se às declarações 1 e 2, bem como ao Land Administration Domain Model - LADM.

7. PORTARIA CONJUNTA MGI/MMA/MDA/AGU Nº 14, DE 11 DE MARÇO DE 2025

Portaria Conjunta MGI/MMA/MDA/AGU Nº 14, de 11 de março de 2025 “instituinto o Comitê Gestor do Plano de Integração de Dados e de Aprimoramento dos Sistemas Federais de Gestão Ambiental e Territorial”, com a finalidade de articular a execução e monitorar a implementação do referido Plano, em cumprimento às determinações constantes na Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) nº 743, em tramitação no Supremo Tribunal Federal (STF).

A publicação da Portaria foi o resultado de um trabalho coordenado pela Casa Civil da Presidência da República, com a participação do Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI), Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Os trabalhos desenvolvidos tiveram como foco a elaboração de um “Plano de aprimoramento e integração dos sistemas de gestão territorial”, em resposta a determinação do STF, no contexto da ADPF nº 743. Buscando a proteção ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, principalmente na Amazônia e Pantanal, e enfrentamento da crise climática, o STF determinou que o MGI apresentasse um plano de aprimoramento e integração dos sistemas de gestão territorial, notadamente o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e os relativos à autorização de supressão vegetal, num prazo de 30 dias. Para execução do plano, foi determinada a criação de uma estrutura de governança, com a participação efetiva dos Estados.

Para fins desta Portaria, segundo o Art. 2º, considera-se integração de dados a interoperabilidade entre sistemas federais de gestão ambiental e territorial, bem como o compartilhamento e a harmonização de dados. A integração de dados dos sistemas federais de gestão ambiental e territorial deverá observar as diretrizes sobre governança de dados, interoperabilidade e proteção de informações, de forma a garantir a adesão a iniciativas e programas nacionais voltados à integração e à padronização, como a Infraestrutura Nacional de Dados - IND e o Programa Conecta GOV.BR (BRASIL, 2025).

Segundo o Plano de integração de dados e aprimoramento dos sistemas federais de gestão ambiental e territorial”, no contexto da ADPF 743, os conjuntos de dados territoriais que devem ser melhor integrados são:

- o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) - sob a responsabilidade do MDA

- o Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR) e o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) - sob a responsabilidades do MDA,
- o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor), o Sistema Nacional de Informações sobre Fogo (Sisfogo), Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) e do Cadastro Nacional de Florestas Públicas (CNFP) - sob a responsabilidade do MMA,
- a Plataforma de Gestão Integrada dos Imóveis Públicos Federais (SPUnet) - sob responsabilidade da Superintendência do Patrimônio da União (SPU)
- o Cadastro Ambiental Rural (CAR) - sob responsabilidade do MDI;
- e ainda dados relativos aos cartórios de registros de imóveis e entes federativos, notadamente os estados.

Para a integração, foi previsto instrumentos tecnológicos e processos de governança de dados para a devida adequação às necessidades das políticas públicas que deles dependem. As ações estão sendo planejadas para execução em aproximadamente 24 meses. Se for considerada a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Fogo (Sisfogo), a previsão de execução passa a ser de 36 meses.

Essa é a mais nova iniciativa brasileira na busca por solucionar problemas históricos relacionadas ao seu sistema cadastral, a exemplo da administração territorial fragmentada, com informações pulverizadas entre o INCRA, em áreas rurais, e 5.570 prefeituras, em áreas urbanas, SPU, FUNAI, IBAMA, e outros mais, como já listado acima; incoerência entre cadastro e registro de imóveis no cadastro rural; as diferentes metodologias, normas e padrões adotados para elaboração dos cadastros temáticos, dentre outros.

Caso o plano de ação seja devidamente implementado, o Brasil passará por avanços significativos, sendo o principal deles a representação da situação legal completa do território nacional, incluindo direitos e restrições públicas, conforme a Declaração 1. Pois, a partir da integração das bases cadastrais será possível identificar áreas públicas e privadas, de uso comunal, áreas ambientais, informações relacionadas à posse. Consequentemente, as demais declarações 2, 3, 4, 5 e 6 também serão devidamente atendidas em sua totalidade.

8. PROVIMENTO CNJ Nº 195 DE 2025

Em 04 de julho de 2025, a Corregedoria Nacional de Justiça (CNJ) fez publicar o Provimento 195, que conforme a ementa “altera o Código Nacional de Normas da Corregedoria Nacional de Justiça do Conselho Nacional de Justiça – Foro Extrajudicial (CNN/CN/CNJ-Extra), instituído pelo Provimento nº 149, de 30 de agosto de 2023, para criar o Inventário Estatístico Eletrônico do Registro de Imóveis (IERI-e) e o Sistema de Informações Geográficas do Registro de Imóveis (SIG-RI); para disciplinar procedimentos de saneamento e de retificação no Registro de Imóveis e dá outras providências.”

O provimento em vigor a partir de 04 de setembro do mesmo ano, busca inventariar todos os registros de cada serventia, sejam eles públicos ou privados, urbanos ou rurais, produzindo estatísticas, espacializando aqueles que são georreferenciados por via de um sistema de informação geográfica (SIG) mantido pela Corregedoria. Com este provimento, a Corregedoria busca suprir lacunas na legislação em busca de saneamento dos Cartórios de Registro de Imóveis, serviço público sob delegação privada, objetivando identificar e reduzir

a pluralidade de registros (matrículas e transcrições), discriminar terras públicas daquelas privadas, identificar sobreposições e lacunas entre parcelas, localizar imóveis situados fora do perímetro da circunscrição imobiliária, bem como buscar integração com os demais cadastros coexistentes no País, à exemplo do SIGEF.

O provimento estabelece ainda que as normas fixadas pelo Manual Técnico de Georreferenciamento de Imóveis Rurais e a norma brasileira NBR 17.047 sejam os padrões tecnológicos a serem adotados. Portanto, desta forma, o CNJ reconhece e universaliza a especialização objetiva do bem imóvel entre o meio rural e urbano por meios geodésicos, consagrando este conceito no Brasil.

Tais objetivos tendem a contribuir para a melhor gestão territorial à medida que se obtenha sucesso em escoimar dos registros suas impurezas e viabilizar o ingresso de especializações objetivas georreferenciadas e certificadas nas matrículas de imóveis urbanos dentro dos padrões estabelecidos. Entretanto é preocupante a capacidade das serventias absorverem e desempenharem a contento funções tecnológicas tipicamente cadastrais territoriais. Frente ao atual estado da grande maioria das matrículas, que abrigam especialização objetiva precária, este aspecto introduz um potencial de confusão se prescindir a vertente tecnológica pelo Registro de Imóveis, em função de seus custos ou da pressuposição de que funcionários sem formação tecnológica específica possam ser substituídos por elementos de seus quadros.

O provimento CNJ 195, alinha-se às declarações do CADASTRO 2014 nos seguintes itens: 1, pois busca levar a registro uma situação incompleta dos RRR; 2 porque adiciona o SIG ao âmbito da Serventia, entretanto não prevê a necessidade de profissionais tecnológicos a estas; 3, os dados serão divulgados em meio digital; 4, mapas e registros serão fornecidos em meio digital; 5, como já instituído, o registro é uma concessão de serviço público, embora grande parte dos dados cadastrais ainda sejam geridos por cadastro público. Nesse sentido, esta ação alinha-se às Declarações 2 “separação entre mapas e registros será abolida”, 3 “Mapas analógicos não existirão mais! Viva a modelagem”, 4 “cadastros em papel desaparecerão” e 5 “O CADASTRE 2014 será altamente privatizado! Setor público e privado estão trabalhando em estreita colaboração”.

9. ADERÊNCIA DAS INICIATIVAS BRASILEIRAS ÀS DECLARAÇÕES DO CADASTRO 2014 DA FIG - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços, o Brasil ainda enfrenta desafios significativos para cumprir integralmente as declarações do CADASTRO 2014. A fragmentação institucional, a ausência de um órgão regulador nacional, a incompletude da base cadastral e a desatualização dos dados comprometem a efetividade do sistema. A integração entre os cadastros urbanos e rurais, bem como a interoperabilidade com os registros de imóveis, são pontos críticos para a consolidação de um sistema cadastral eficiente e juridicamente robusto. A análise evidencia que o Brasil tem avançado na direção das diretrizes do CADASTRO 2014, mas ainda há um longo caminho a percorrer. A Tabela 1 sintetiza de forma qualitativa essas análises das iniciativas brasileiras, evidenciando não somente os avanços verificados no sistema cadastral brasileiro, mas também os desafios e as fragilidades.

Tabela 1. Aderência de iniciativas brasileiras às Declarações do CADASTRO 2014 da FIG

CADASTRO 2014 Iniciativas Brasileiras	Declaração 1	Declaração 2	Declaração 3	Declaração 4	Declaração 5	Declaração 6
SNCR						
Cadastro Tributário Municipal						
Geo Rural – Lei 10267/2001						
CAR						
SINTER / CIB						
CTM - Portaria MDR 3242/2022						
SIG-RI - Provimento CNJ 195/2025						

Atende plenamente ou satisfatoriamente
Atende parcialmente
Não atende

- **Declaração 1** "o Cadastro deve mostrar a situação jurídica completa da terra, incluindo direitos e restrições públicas"
- **Declaração 2** "a separação entre mapas e registros será abolida"
- **Declaração 3** "Mapas analógicos não existirão mais! Viva a modelagem"
- **Declaração 4** "cadastros em papel desaparecerão"
- **Declaração 5** "O CADASTRO 2014 será altamente privatizado! Setor público e privado trabalhando em colaboração"
- **Declaração 6** "CADASTRO 2014 será de recuperação de custos"

Estes movimentos demonstram as preocupações e o engajamento dos vários setores em busca de soluções, mas com base em óticas próprias que prescindem de uma coordenação racionalizante, capaz de conceber e implantar um cadastro territorial básico que atenda a todas as necessidades, proporcionando aquilo que possuem de comum e com capacidade de interoperabilidade entre todos. Da mesma forma que uma orquestra não pode operar com cada músico atuando por si, aqui necessita-se de um maestro para obter-se eficiência, precisão e completude.

A implementação plena das seis declarações do CADASTRO 2014 exige esforços coordenados entre os entes federativos, investimentos em tecnologia, capacitação profissional e uma governança institucional clara. Diante dos compromissos assumidos com a Agenda 2030, é imperativo que o país fortaleça seu sistema cadastral como ferramenta estratégica para o desenvolvimento sustentável.

REFERENCES

BARBOSA, J. de A. **Distinção entre Cadastro de Terras e Registro de Imóveis. Cadastro Territorial no Brasil: perspectivas e o seu futuro.** Belém: UFPA, 2018.

BRASIL. Lei nº 10.267 de 28 de agosto de 2001. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 28 ago. 2001. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10267.htm.

BRASIL. Decreto nº 11.208, de 26 de setembro de 2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 26 set. 2022.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 17 out. 2012.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. ADPF 73. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=6007933>

BRASIL. Norma de Execução INCRA /DF/ Nº 77 de 23 de agosto de 2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 170, 9 set. 2013. Seção 1, p. 67.

BRASIL. Norma de Execução INCRA /DF/ Nº 122 de 27 de dezembro de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 252, 31 dez. 2019. Seção 1, p. 60.

CNJ. Provimento N. 195 de 3 de junho de 2025. Disponível em: [prov_195_CNJ_2025.pdf](#)

CARDOSO, A. C. A. de S. **O Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER) como instrumento de governança fundiária: análise do Decreto 8.764/16** Cadastro territorial no Brasil: perspectivas e o seu futuro. Belém: UFPA, 2018.

FIG. Statement on the Cadastre. FIG publications n.11. Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG), 1995. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub11/figpub11.asp>. Acesso em 26/07/2020.

FIG. The Bathurst Declaration on Land Administration for Sustainable Development. Copenhagen: International Federation of Surveyors (FIG), 1999. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub21/figpub21.asp>. Acesso em 28/07/2020.

MDR. Portaria MDR nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 11 de nov de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3.242-de-9-de-novembro-de-2022-443240087>

MGI. Portaria conjunta MGI/MMA/MDA/AGU nº 14, de 11 de março de 2025. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 12 de mar de 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-conjunta-mgi/mma/mda/agu-n-14-de-11-de-marco-de-2025-617019064>

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros**. Brasília, 2010.

REYDON, B. et al. Governança de Terras: Da Teoria à Realidade Brasileira. Edição 1. Brasília: FAO/SEAD, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7789o.pdf>. Acesso em: 05 de fev. de 2020.

SILVA, S. D. R. S. e.. **Sistematização e modelagem dos direitos, restrições e responsabilidades no cadastro territorial no contexto do sistema de administração territorial brasileiro**. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR, Curitiba, 2022.

SILVA, S. D. R. S. e; BRANDÃO, . A. C. .; CARNEIRO, A. F. T.; ANTUNES, A. F. B. Por uma Estruturação Sistêmica e de Abrangência Nacional para o Cadastro Territorial Brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 685–706, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-57862. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/57862>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SOUZA D. V. de, COSTA D. C., OLIVEIRA H. C. de. O Potencial do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (Sinter) como Ferramenta de Transparência e Integração de Cadastros, *Revista Brasileira de Cartografia*. <https://doi.org/10.14393/revbrascartogr>. ISSN 1808-0936.

UN-FIG, 1999 UN-FIGThe Bathurst Declaration UN-FIG International Workshop on Land Tenure and Cadastral Infrastructures in Support of Sustainable Development, Bathurst, Australia (1999).

UN-GGIM. Framework for Effective Land Administration: A reference for developing, reforming, renewing, strengthening or modernizing land administration and management systems. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), 2020. Disponível em: https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/E_C.20_2020_10_Add_1_LAM_background.pdf. Acesso em 01 ago. 2020.

NOTAS BIOGRÁFICAS

Suzana Daniela Rocha Santos e Silva possui graduação em Tecnologia em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI (2006), Especialista em Geoprocessamento: Fundamentos e Aplicações - IFPI (2009); Mestre (2011) e Doutora (2022) em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná - UFPR. Desde 2015 compõem o corpo docente do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal da Bahia - UFBA. Atua em projetos de modelagem cadastral em municípios, processos de regularização fundiária e projetos do governo federal junto a Secretaria Nacional de Periferias. <https://orcid.org/0000-0001-8021-2246>

Régis Fernandes Bueno tem Graduação em Engenharia, Mestrado em Engenharia de Transportes (USP) e Doutorado em Engenharia (USP). Sócio proprietário da Geovector Engenharia Geomática LTDA. <https://orcid.org/0000-0002-5078-5841>

Artur Caldas Brandão é Graduado em Engenharia de Agrimensura pela Escola de Engenharia Eletromecânica da Bahia, mestrado em Ciências Geodésicas pela UFPR, doutorado em Engenharia de Produção pela (UFSC). Professor Associado da Universidade Federal da Bahia (UFBA), desde 1993, lotado no Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia (UFBA) com atuação em ensino, pesquisa e extensão, no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, e em projetos nas temáticas de cadastro territorial, georreferenciamento, regularização fundiária. <https://orcid.org/0000-0001-7643-4882>

CONTATOS

Suzana Daniela Rocha Santos e Silva

Universidade Federal da Bahia
R. Prof. Aristίδes Novis, 2
40210-630 Salvador, BA
BRASIL
Tel: + 55 41 99994 5577
Email: suzanadrss@ufba.br; suzanadrs@hotmail.com
Website: <http://lattes.cnpq.br/9145225095947626>

Regis Fernandes Bueno

Geovector Engenharia Geomática Ltda
R. Jacob Maris, 221;
05532-000 São Paulo, SP
BRASIL
Tel: + 55 11 99655 8933
Email: regisbueno@geovector.com.br
Website: www.geovector.com.br

Artur Caldas Brandão

Universidade Federal da Bahia
R. Prof. Aristίδes Novis, 2
40210-630 Salvador, BA
BRASIL
Tel: + 55 71 99137 4770
Email: acaldas@ufba.br
Website: <http://lattes.cnpq.br/2997336893647482>

Suzana Daniela Rocha Santos e Silva, Régis Fernandes Bueno e Artur Caldas Brandão, Brasil
Uma análise dos impactos das seis declarações do CADASTRO 2014 no desenvolvimento do sistema cadastral brasileiro

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Examination of Land Registration System in Iraq

Haider ZENALABDEEN, Iraq and Fatih DONER, Türkiye

Key words: land registration, land administration, property, ISO 19152:2012

SUMMARY

This study examines the current status of land (real estate) registration in Iraq from a legal, institutional and technical points of view. From a legal perspective, the right to property in Iraq is guaranteed by the constitution. Real estate owners have the right to use, benefit and control of their properties. The property of real estate can only be intervened in by expropriation for the public good by paying the price. The registration of real estate in Iraq is carried out by reference to the Civil Code No. 40, the Real Estate Registration Law No. 43 and the Agricultural Reform Law No. 117. In addition to these laws, the Real Estate Registration Regulation No. 1 published in 2010 also includes regulations regarding registration procedures. The registration procedures of real estate are carried out by 18 real estate registration offices scattered throughout Iraq under the Ministry of Justice. Technically, the rights, restrictions, responsibilities and value information regarding real estate are kept in paper forms. Some of these forms are named as perception form, Form 23, Form-25, Form-46, Form-51, Form-52 and Form-59. Independent drawings showing the boundaries of real estates are in various forms, but they are not based on a common coordinate system. Therefore, it is not possible to accept these drawings as cadastral maps. Within the scope of this study, the forms and drawings used in the registration processes of real estates in Kirkuk province of Iraq were examined and UML forms were created for real estate objects in the parcel and building form. In this way, the basic objects in land administration, the attributes of these objects and their relationships with each other were determined and a basis was created for a modern land administration system that could be established in the future. The advances in the fields of land data collection (modern surveying instruments, GNSS, Lidar), management (spatial database management systems) and standardization (ISO 19152-Land Administration Domain Model-LADM) in the last twenty years offer important opportunities for establishing a modern land administration system for Iraq. However, further examination of land policies at different periods in Iraq's history and their impact on land property and use is needed.

Examination of Land Registration System in Iraq

Haider ZENALABDEEN, Iraq and Fatih DONER, Türkiye

1. INTRODUCTION

Sound land administration and sustainable land management are indispensable for economic, social and environmental development. They are also vital for good governance. Land management can be defined as the process of managing, use and development of land resources. Land management policies are expected to (FIG, 1995)

- improve the efficiency of land resource use to support the rapidly growing population of many countries;
- provide incentives for development, including the provision of residential housing and basic infrastructure such as sewer and water facilities;
- protect the natural environment from degradation;
- provide equitable and efficient access to economic benefits of land and real estate markets and
- support government services through taxation and fees related to land and improvements.

For achieving these objectives access to information about land such as land use, land ownership and land value is required. This information is essential in (UN and FIG, 1999):

- identifying problems and priority concerns;
- formulating and implementing appropriate land policies and strategic plans to address the problems;
- supporting land use planning and land development activities;
- providing cost-effective land transaction processes to support economic development;
- implementing equitable and efficient property taxation systems and
- monitoring land use to ensure the identification of new problems and to evaluate the effect of land policies.

Iraq, with a total area of 438,320 kilometers, is bordered by Türkiye to the north, the Islamic Republic of Iran to the east, the Persian Gulf to the southeast, Saudi Arabia and Kuwait to the south, and Jordan and the Syrian Arab Republic to the west. Topographically, Iraq is shaped like a basin, consisting of the Great Mesopotamian alluvial plain of the Tigris and the Euphrates rivers (Mesopotamia means, literally, the land between two rivers). (FAO, 2008). Iraq is geographically located between 29-37 degrees north latitude and 39-49 degrees east longitude. Figure 1 shows geographical location of Iraq on map.

According to United Nations estimates, 2025 population of Iraq is 47,020,774 people at mid-year. Iraq population is equivalent to 0.57% of the total world population and Iraq ranks number 34 in the list of countries (and dependencies) by population. Also, the population density in Iraq is 108 per Km² (280 people per mi²) (Worldometers, 2025).

Rules and regulations implemented at different periods in Iraq's history have impacted current land administration in Iraq. These periods can be listed as the Ottoman period (1537-1917),

Haider Zenalabdeen and Fatih Doner
Examination of Land Registration System in Iraq

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

the British period (1917-1932), the independence and monarchy period (1932-1958), the nationalist-socialist period (1958-2003), and the post-2003 period (Ossmi and Ahmed, 2016). This study, after researching past land registration practices (Section 2) to evaluate land registration in Iraq, examines current land registration practices in Iraq from legal, institutional, and technical perspectives (Section 3) through an examination of existing documents. In Section 4, designs are developed using UML diagrams to improve the registration of parcels and building objects using the information obtained in Section 3. The study concludes with a conclusions (Section 5). Figure 2 presents the methodology employed in the study.

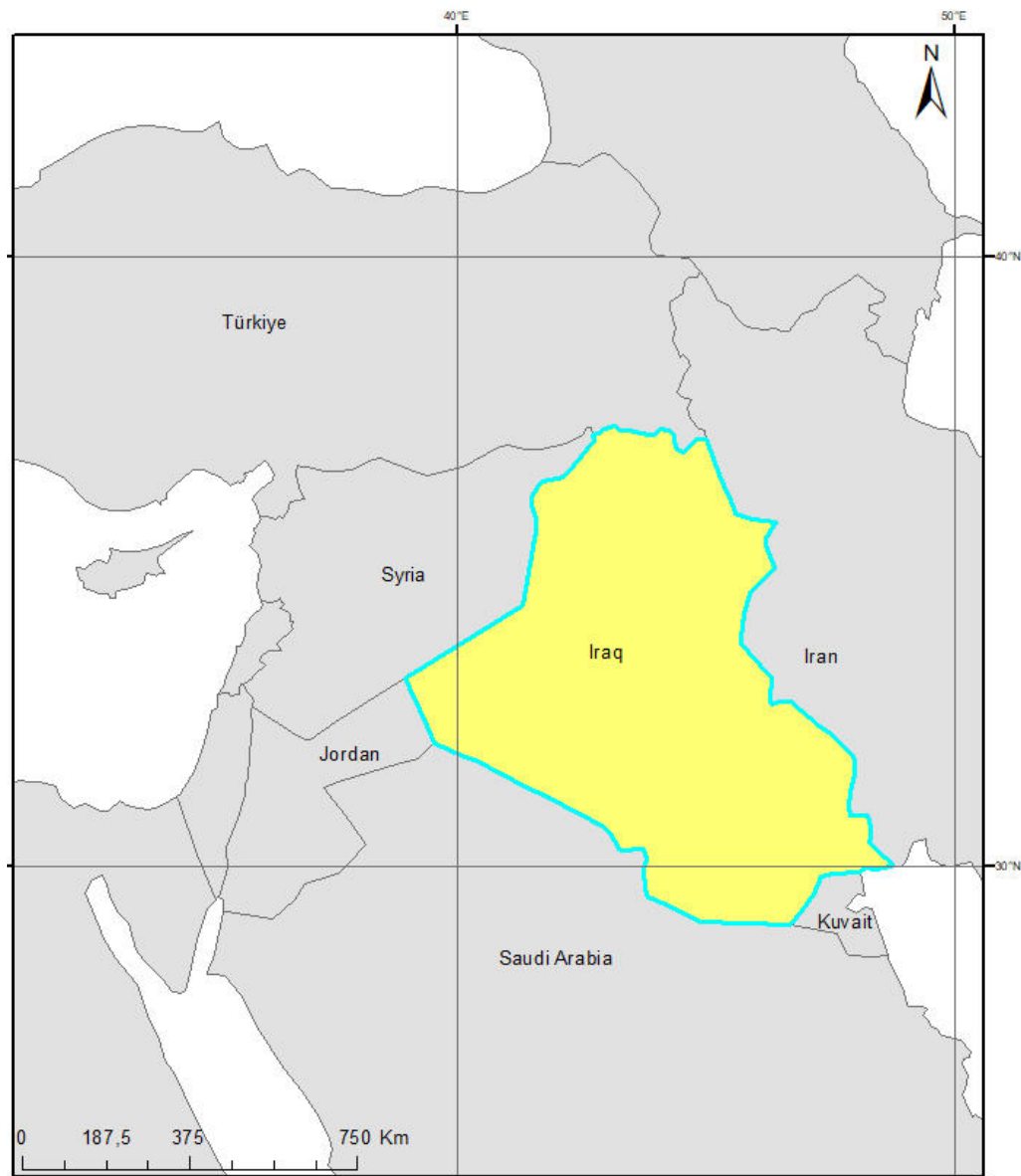


Figure 1. Geographical location of Iraq

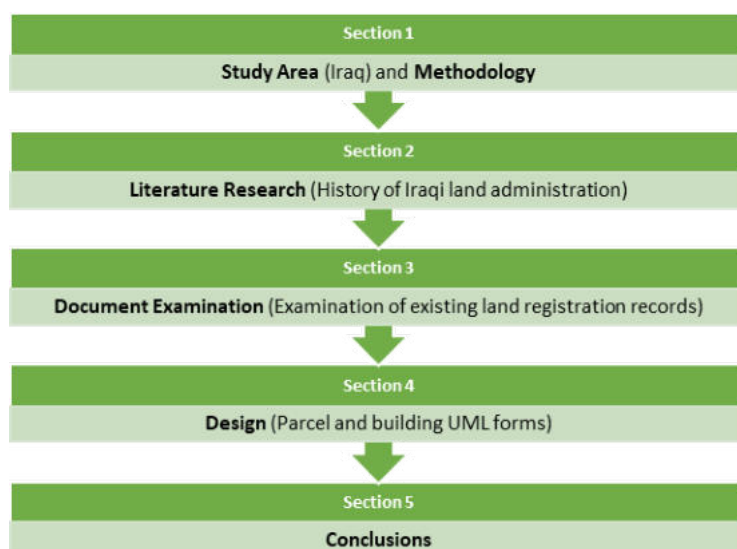


Figure 2. Methodology of the study

2. HISTORY OF LAND ADMINISTRATION IN IRAQ

Prior to Ottoman Empire, landownership and registration in Iraq were determined by tribal laws, which provided custody only to tribal lords operating under a feudal system. Land lots were registered to tribes, cities and villages as single plots under one deed (UN-Habitat, 2022).

2.1 Ottoman era (1537-1917)

The Ottoman rulers changed the tribal laws. In principle, all land under Ottoman rule belonged to the state, which did not need to prove ownership. Communities or individuals who owned land, however, needed to present land titles. During the Ottoman Empire's rule over Iraq, the land administration was characterized by a centralized and hierarchical structure. Land ownership was concentrated in the hands of the ruling class, religious institutions, and powerful landlords (Al-Ossmi, 2024).

As stated in the Land Code of 1858, the land was classified into five groups in the Ottoman Empire: Miri (state), mulk (private), waqf, metruk and mevat (dead).

Miri land is a land that forms part of the arable lands of the country. The operation of these lands, also called Dirlik, has been left to the Ottoman State officials and officials in charge of certain services. Dirliks are classified into three groups according to their annual incomes. First is Has, the annual income is more than 100,000 akche (money unit used in the Ottoman Empire). These were given to the sultans, viziers, members of divan, princes, grand seigneur. According to the incomes of Dirliks (for every five thousand akches), the Has owners are responsible for equipping one soldier ready for battle at any moment. Second is Zeamet, the annual income is between 20,000 - 100,000 akche. Zeamet owners are responsible for equipping one soldiers for every five thousand akches except for first twenty thousand akches. Third is Timar, the annual income is between 3,000 - 100,000 akche. These were the lands allocated to a number of soldiers and civil servants to ensure their livelihood and to cover the cost of their services. Timar owners separated three thousand akches of their incomes for their

livelihood. It was called a sword Timar. For the rest of the every three thousand akches they had to equip one soldier (Biyik et al., 2018).

Many academic studies and reports state that Iraqi land administration was established during the Ottoman period (UN-Habitat, 2010), that even during the post-Ottoman British period, eighty percent of Iraqi land was Miri (Yitzhak, 1994), that until the early twentieth century, Iraqi land laws largely consisted of numerous Ottoman legal codes (Abdul Rauf, 2015; UN-Habitat, 2022), and that Iraqi land registration included many terms (tapu, miri, arasaa, amlak etc.) from the Ottoman period (Al-Ossmi, 2016).

2.2 British control period (1917-1932)

During World War I, Iraq came under British control through the mandate system. Realizing the importance of tribes in Iraqi society, the British maintained the Ottoman land administration system (UN-Habitat, 2022). Land distribution within the old policy of feudalism was encouraged by British policy, while the religious forms of land ownerships such as the Wagf were kept and copied from the Ottoman period (Al-Ossmi, 2016).

Studies evaluating the British period have noted that land reforms initiated to modernize the land ownership system and promote agricultural development were limited, with a large portion of land falling into the hands of elites. Furthermore, British policies failed to meet the expectations of the rural population regarding land ownership and rights (USAID, 2005). Since the tapu was considered the primary document used as proof of ownership during this period, a law passed in 1929 established the Real Estate Registration Department, and translations of old documents known as tapu began. However, these efforts were short-lived (UN-Habitat, 2022).

2.3 Independence and monarchy period (1932-1958)

Iraq gained independence in 1932, and during the monarchy, the land administration system remained largely unchanged. Under the feudal system and tribalism, land was still concentrated in the hands of a few wealthy landowners, exacerbating rural poverty and inequality. The majority of the rural population continued to have limited access to land, leading to discontent and social unrest. The revolution of 1958 led to the establishment of a republic in Iraq (Al-Ossmi, 2024).

2.4 Socialist-Nationalist period (1958-2003)

Ten years after gaining full independence in 1958, the Arab Baath Socialist Party became the ruling party in Iraq. The party abolished feudalism and tribalism and replaced Tapu with the Real Estate Registration Law. This new law limited the size of landholdings while encouraging collective ownership and agriculture production (UN-Habitat, 2022). In the 1970s, under the Ba'athist regime led by Baath, land reforms were introduced with the aim of redistributing land to peasants and reducing rural poverty. Large landholdings were expropriated and redistributed to landless farmers. However, the implementation of these reforms was marred by corruption, mismanagement, and political favoritism, resulting in limited impact on land distribution (Al-Ossmi, 2024).

2.5 Post-2003 period

The fall of the Baath regime following the 2003 invasion marked a significant turning point in Iraq's history. Following the invasion, efforts were made to reform the land ownership system and create a more equitable and transparent land ownership system. The new government established a committee to address various thorny issues, including land confiscated by the Baath regime, refugee returns and tenure insecurity, title deed fraud, appropriation of public property, and encroachment on public land. Furthermore, the Iraqi Property Claims Commission was established in 2003. This commission was tasked with ensuring the return of land and property confiscated between 1968 and 2003 (USAID, 2005; UN-Habitat, 2022). Other land issues included the cancellation of agricultural contracts, the problems of internally displaced persons and other returnees, the occupation of public buildings and land, and informal settlements. Various studies indicate that the problems with land ownership registration in Iraq are due to the absence of land authorities, political instability and security problems that emerged in the post-2003 period (Al-Ossmi, 2024). Table 1 gives a summary of Iraqi land administration history.

Table 1. Summary of Iraqi land administration history

Period	Year	Description
Ottoman era	1537-1917	18. Land was classified into five groups 19. Most land was <i>miri</i> 20. <i>Tapu</i> was used as a legal source that provides individual rights 21. Ottoman legal codes still exist
British control period	1917-1932	22. Mainly maintained the Ottoman land administration system 23. Land reforms were initiated but were limited
Independence and monarchy period	1932-1958	24. Land administration system remained largely unchanged 25. The majority of the rural population have limited access to land
Socialist-Nationalist period	1958-2003	26. <i>Tapu</i> was replaced with the Real Estate Registration Law 27. Collective ownership was encouraged 28. Land reforms were introduced but resulting in limited impact
Post-2003 period	2003-	29. Efforts were made to reform the land administration system 30. A committee and a commission were established to address land problems

3. CURRENT SITUATION

This section presents the current legal, institutional and technical status of Iraqi land administration by examining various documents and registration processes used for land registration.

Article 23 of the Iraqi Constitution states that private property is protected and that owners have the right to benefit, use and possess of such property within legal limits. Land registration in Iraq is based on Civil Code No. 40 of 1951, Agricultural Reform Law No. 117 of 1970, and Real Estate Registration Law No. 43 of 1971. In addition, the General Real Estate Registration Department Regulation No. 1, published in 2010, includes various regulations regarding land registration. The institution responsible for land registration in Iraq is the General Real Estate Registration Department. It was established by Real Estate Registration Law No. 43 of 1971. The Real Estate Registration Department is responsible for the registration of real estate transactions related to primary and accessory real estate rights, final court decisions, and similar transactions. The General Real Estate Registration Department is an entity of the Ministry of Justice. The Real Estate Registration Department and its associated notifications report to the Department. The General Real Estate Registration Department is managed by a Director General, who is accountable to the Minister for the completion of transactions in accordance with laws and regulations. The organizational structure of the Real Estate Registration Department is shown in Figure 3.

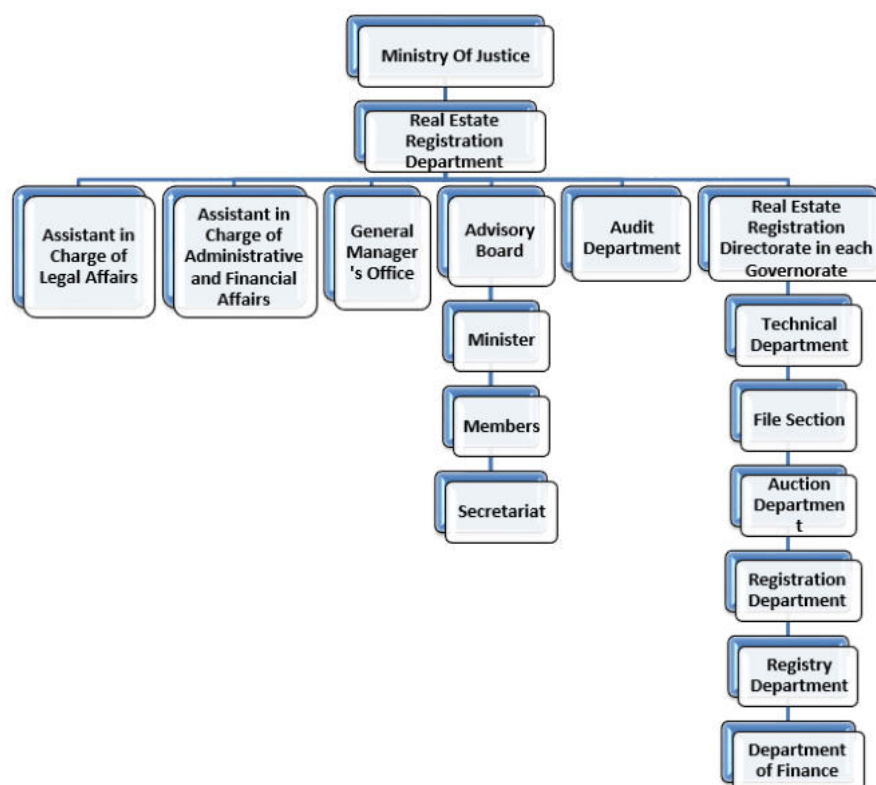


Figure 3. Organizational structure of the land registration in Iraq

Sample forms prepared for a registered property are given in their original form (Arabic) in Figure 4 and Figure 5, and translated into English in Figure 6 and Figure 7. As shown in these figures, the rights, restrictions, responsibilities and value information regarding real estate are

kept in paper forms. Some of these forms are named as perception form, Form 23, Form-25, Form-46, From-51, From-52 and Form-59. Independent drawings showing the boundaries of real estates are in various forms, but they are not based on a common coordinate system (Zenalabdeen, 2025).

مديرية التسجيل العقاري في / (تقرير كشف)		محافظة		القضاء		النساجية		تسلسل		محلة		أوصاف الخارطة ونسائج تطبيقها	
جنس العقار:-		سنة العقار:-		مساحة		متر مربع		اولك		دوام		فرق المساحة ان وجد	
المستملات		السابقة		العضافة									
بناء او زرع او غرس													
الحقوق المترتبة على العقار او له		القيمة المقدرة											
قيمة الارض		قيمة المشتملات		القيمة العمومية		الكلفة وقت التشييد		القيمة وقت الوفاة		الكلفة وقت الشراء			
عدد الوحدات العقارية المقررة او الموحدة													
القيمة المقدرة للوحدات المقررة او الموحدة													
رقم او تسلسل العقار	جنس العقار	فلس	دينار	القيمة كتابية									
المقرض او الموحدة													
ملاحظات اخرى :													
التوقيع	التوقيع	التوقيع	التوقيع	التوقيع									
الاسم	الاسم	الاسم	الاسم	الاسم									
تاريخ الكشف	الموظف الفني	صاحب العلاقة او من يمثله	عضو	رئيس لجنة الكشف									

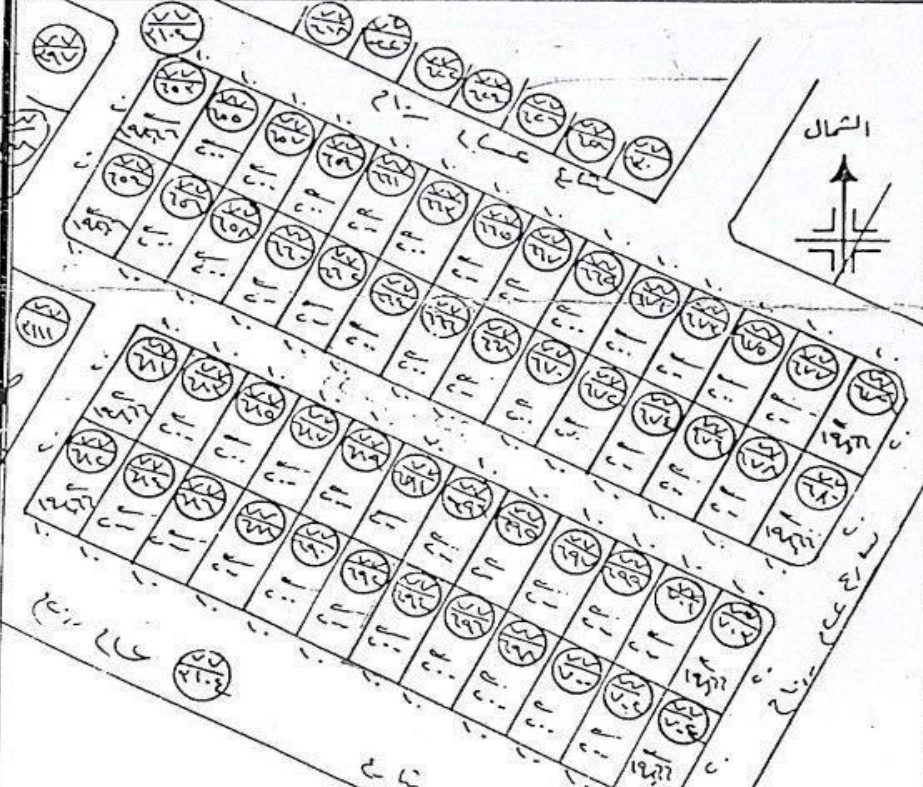
Figure 4. Sample registration document (real estate report)

نموذج رقم (٤٦) تسجيل عقاري

رقم هذه الخارطة ٨ - ١ - ٢٠١٥ رقم الخارطة الاصلية ١٤٥ المساحة رقعة ١٠٠٠ م ^٢ المساحة كتابية ١	الجمهورية العراقية 	وزارة العدل مديرية التسجيل العقاري العامة دائرة التسجيل العقاري في (بغداد)

خارطة عقارية المقياس ١:١٠٠٠

المحافظة	القضاء	الناحية	البلد	رقم القطعة	رقم القاطعة	اسم القاطعة او النحلة
النجف	-	-	-	١٠٠٠	١٠٠٠	خامسة قمار



الرئيس الشعبة المدنية الاسم: رستم التوقيع: [Signature] التاريخ: ١٤/٢/٢٠١٥	الموظف الفني المختص الاسم: [Name] التوقيع: [Signature] التاريخ: [Date]	الرضا الاسم: [Name] التوقيع: [Signature] التاريخ: ١٤/٢/٢٠١٥

Figure 5. Sample registration document (real estate map-Form 46)

General Real estate Record Department / KIRKUK DETECTION REPORT						
PROVINCE	DISTRICT	TOWN	PLOT NO.	ISLAND NO.	MAP ITA PRESENTATION AND IMPLEMENTATION RESULTS	
IMMOVABLE TYPE	PORTABLE CLASS	AREA	M2	DECARE	TURN	If there is area difference
Inclusions	PRE	ADDITIONS				
BUILDING OR AGRICULTURAL FIELD						
From the property born or property belongs to rights		UNKNOWN VALUATION				
	LAND PRICE					
	COVERAGE FEE					
	GENERAL PRICE					
	Building during cost					
	Death during cost					
	At the time of purchase cost					
	excretion or combined units number of					
	excretion or combined units evaluation					
	The number of the real estate to be subdivided or annexed.	Type of real estate	dinar	Philis	The amount is written	
General notes						
	Name signature	Name signature	Name signature	Name signature		
Perception date	Technical memo	Relevant person or representative	member	Head of perception report		

Figure 6. Sample registration document in English (real estate report)

MINISTRY OF JUSTICE General Real Estate Registration Department General Real Estate Registration Office/KIRKUK		REPUBLIC OF IRAQ		THIS MAP NO. MAP NO. NUMBER OF AREA PER DECARE M2 FIELD ARTICLE		
PROPERTY MAP SCALE 1/1000						
PROVINCE	DISTRICT	TOWN	SERIAL NO.	Plot no.	Island no.	Island name
Map *						

Haider Zenalabdeen and Fatih Doner
Examination of Land Registration System in Iraq

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

ARTIST	Official Technical Officer	Technical Section President
NAME	NAME	NAME
SIGNATURE	SIGNATURE	SIGNATURE
DATE	DATE	DATE

Figure 7. Sample registration document in English (real estate map-Form 46)

4. SUGGESTIONS FOR THE FUTURE

In this section, UML diagrams were created for parcel and building data themes by utilizing the information obtained by examining the forms used in the registration of real estate in the previous section.

The SpatialUnit (KonumsalBirim) class (Figure 8) has area and volume geometry and incorporates the basic properties of other spatial unit class types. A building is registered with a ground parcel, and individual building units are registered with their shares determined by the relative size of each individual unit. Buildings and blocks composed of buildings are modeled as spatial units with the Building (Bina) and BuildingBlock (BinaBlok) classes. This class is included in the model in conjunction with the Building and BuildingBlock classes (Figure 9).

As seen in the previous section of this study, land registration data in Iraq is archived on paper. Similarly, drawings of real estate are also on paper. Different institutions are responsible for managing land ownership, value, and usage data. Establishing a modern land administration system in the future requires digitizing land information in paper format and ensuring robust data exchange among different stakeholders. This requires a standard. In this regard, LADM may offer an opportunity. The design of the second version of LADM (ISO 19152), the first version of which was published by ISO in 2012, is nearly complete (Lemmen et al., 2025). While the first version of LADM focused on land ownership, the second version additionally focuses on land value and use. Many countries have adapted LADM to their own countries and developed country profiles, while others have converted these country profiles into land information systems. The capabilities offered by LADM can be utilized in Iraq for creating a country profile, ensuring the necessary coordination in land management, and designing and implementing land information systems.

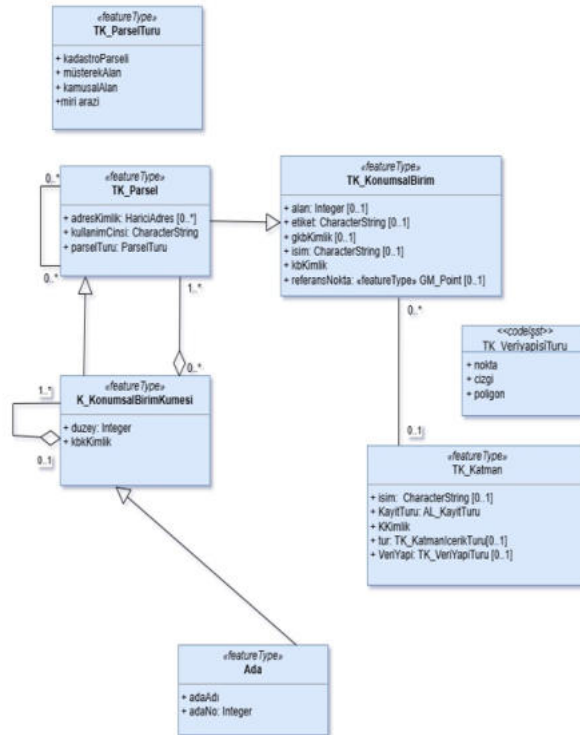


Figure 8. Parcel data theme

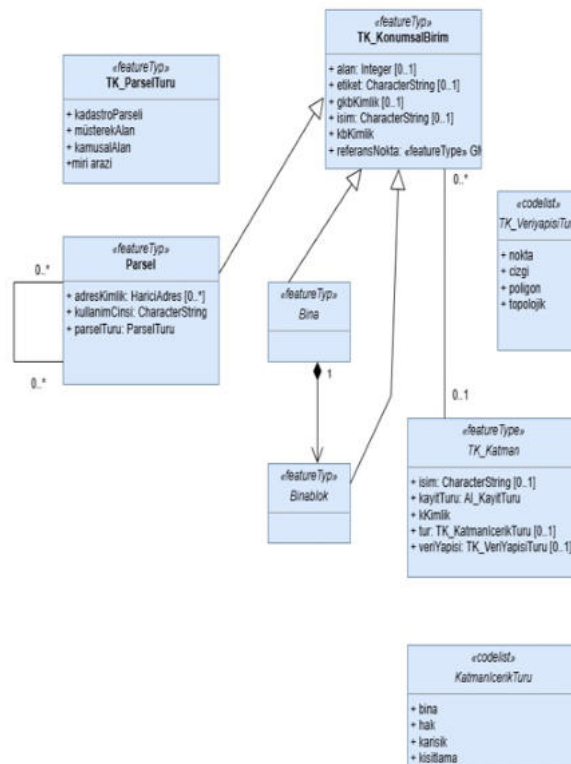


Figure 9. Building data theme

5. CONCLUSION

This study aims to examine land registration in Iraq from a legal, institutional, and technical perspective. To this end, the historical development of land administration in Iraq is first examined. In particular, land administration and land laws from the Ottoman period appear to still have an impact on land registration in Iraq today. The Constitution, the Civil Code, and the Real Estate Registration Law are the primary legal foundations for real estate registration. Institutionally, real estate registration is carried out by Real Estate Registration Offices under the responsibility of Ministry of Justice. Technically, real estate registration documents and associated drawings in Iraq are archived in paper form. Quality land information is essential for sound land management. Therefore, in Iraq, the digitization of land ownership and value information contained in land registration documents is a priority. Furthermore, reliable access to land data should be ensured for local government and the private sector. Standardization plays a crucial role in this regard. The use of international standards such as LADM can provide opportunities for developing a country profile and translating this country profile into land information systems. Although the current unstable environment in Iraq makes it difficult to establish land policies that support sustainable development, when a decision is made to establish a land administration system for effective land management, the advances in land data collection, management and standardization over the last two decades provide opportunities to support this decision.

REFERENCES

- Abdul Rauf, F., 2015. Defining Islamic Statehood: Measuring and Indexing Contemporary Muslim States. Palgrave Macmillan (1137446838,9781137446831).
- Al-Ossmi, L. H. M., 2024. Land tenure administration in Iraq: Quantitative analysis and a comprehensive evaluation, *Land Use Policy*, 141, 107092.
- Al-Ossmi, L. H., Ahmed, V., 2016. Land tenure administration: Towards a regulatory backdrop to land tenure in Iraq, *Land Use Policy*, 57, 250-264.
- Bıyık, C., Doner, F., and Berk, F., 2018. Turkish Land Management at Historical Process, FIG Congress 2018, Istanbul, Turkey, May 6–11.
- FAO. 2008. AQUASTAT Country Profile – Iraq. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
- FIG, 1995. The FIG Statement on the Cadastre, FIG Publication No: 11.
<https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2013/05/PNADE241.pdf>.

Lemmen, C., van Oosterom, P., Kara, A., and Kalogianni, E., 2025. The Land Administration Domain Model An Overview. FIG Publication. ISSN 2311-8423 (pdf)

UN ve FIG, 1999. Report of the Workshop on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development, Bathurst, Australia.

UN-Habitat, 2010. Background Paper for Rapid Land Tenure Assessment in Arbil, Hilla, Baghdad and Nassiriya. UN-Habitat Office, Iraq. Amman. Prepared report with the support of United Nations human settlements programme.

UN-Habitat, 2022. Background Paper for Iraq Land Sector Assessment. Urban Training and Studies Institute (UTI) of the Housing and Building National Research Center (HBRC), Egypt. Prepared report with the support of UN-Habitat and the Global Land Tool Network.

USAID, 2005. United States Agency for International Development (USAID). Land Registration and Property Rights in Iraq. Report, prepared by RTI International.

Worldometers, 2025. Population of Iraq. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

Yitzhak, N., 1994. The conversion of Iraq's tribes to shiism. Int. J. of Middle East Stud. 26, 443–463.

Zenalabdeen, H., 2025. Information System Design for Cadastre: Kirkuk Example, MSc Thesis, Gümüşhane University, in Turkish.

BIOGRAPHICAL NOTES

Haider ZENALABDEEN is an engineer at the Ministry of Oil, Iraq. He earned a bachelor's degree from the University of Baghdad, Iraq, and a master's degree from Gumushane University, Turkey, for this thesis " Information System Design For Cadastre: Kirkuk Example " in 2025.

Fatih Doner is a full professor in Department of Geomatics Engineering at Gumushane University, Turkey. He received a PhD from Karadeniz Technical University for this thesis “A 3D approach for Turkish Cadastral System” in 2010. His main research interests are land management, spatial database management systems, 3D data models and relevant GIS applications.

CONTACTS

Haider Zenalabdeen
Ministry of Oil
36001 Kerkuk
IRAQ

Haider Zenalabdeen and Fatih Doner
Examination of Land Registration System in Iraq

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Phone: + 964 770 093 3682
E-mail: haydarsalah92@gmail.com

Fatih Doner
Gumushane University, Faculty of Engineering and Natural Sciences
Department of Geomatics Engineering
29000 Gumushane
TURKEY
Phone: + 90 456 233 1000
Fax: + 90 456 233 1119
E-mail: fatihdoner@gumushane.edu.tr

Haider Zenalabdeen and Fatih Doner
Examination of Land Registration System in Iraq

FIG Brasil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDN, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

Adolfo Lino de ARAÚJO, Flavio BOSCATTO, César Rogério CABRAL, Rovane Marcos de FRANÇA, Brasil

Palavras-chave: Cadastro Territorial, Governança Fundiária, Gestão Territorial

SUMMARY

The study proposes an innovative model to structure a unified, multi-purpose, and legally secure Brazilian Cadastre, which is essential to overcome the current territorial management inefficiency caused by the fragmentation of cadastral bases. Rooted in experiences like SIGEF and international principles, the proposal establishes eleven technical and legal premises, such as adopting the parcel as the basic unit and its integration with the Registry. The model innovates by distinguishing between certified parcels (high precision, suitable for registration, owner-funded) and non-certified parcels (indirect methods, provisional), allowing for a scaled implementation, and introduces the concept of Territorial Objects for multi-dimensional modeling in Brazilian cadastral structure. Its feasibility is ensured by compliance with regulatory advancements like ABNT NBR 17.047/2022 and MDR Ordinance No. 3242/2022, which provide the necessary technical and institutional framework for the realization of a modern national cadastral system with daily updates, focused on integrating territory and property.

RESUMO

O trabalho propõe um modelo inovador para estruturar um Cadastro Territorial Brasileiro unificado, multifinalitário e juridicamente seguro, essencial para superar a ineficiência da gestão territorial atual, causada pela fragmentação das bases cadastrais. Ancorada em experiências como o SIGEF e princípios internacionais, a proposta estabelece onze premissas técnicas e jurídicas, como a adoção da parcela como unidade básica e sua integração com o Registro de Imóveis. O modelo inova ao distinguir entre parcelas certificadas (alta precisão, aptas ao registro, custo do proprietário) e não certificadas (métodos indiretos, provisórias), permitindo uma implantação escalonada, e introduz o conceito de Objetos Territoriais para modelagem multidimensional. Sua viabilidade é garantida pela conformidade com avanços normativos como a ABNT NBR 17.047/2022 e a Portaria MDR nº 3242/2022, que fornecem o arcabouço técnico e institucional necessário para a concretização de um sistema cadastral nacional moderno, com atualização diária e focado na integração entre território e propriedade.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

Adolfo Lino de ARAÚJO, Flavio BOSCATTO, César Rogério CABRAL, Rovane Marcos de FRANÇA, Brasil

31. INTRODUÇÃO

A estruturação de um sistema cadastral no Brasil é fundamental, visando atender às demandas por informações territoriais organizadas e gerar produtos que possibilitem uma gestão municipal multifinalitária eficiente. Embora um sistema cadastral *stricto sensu* ainda não exista no país, a Lei Federal nº 10.267/2001 (BRASIL, 2001) – Lei do Georreferenciamento de Imóveis Rurais – estabelece o principal marco legal, fortemente inspirado nos princípios cadastrais disseminados pela Federação Internacional de Geômetras (FIG). A visão de futuro da FIG, sintetizada nas seis declarações do documento "Cadastro 2014" (FIG, 1995; KAUFMANN e STEUDLER, 1998), que abrangem desde a completude territorial até a integração com o registro e cadastros autossustentáveis, influenciou a Lei nº 10.267/2001, introduzindo conceitos cruciais como a parcela (unidade básica), a certificação e a correspondência com matrículas.

Apesar de a Lei nº 10.267/2001 ter alcance restrito aos imóveis rurais e apresentar fragilidades que demandam aprimoramento (Araújo et al., 2018), suas boas práticas, como o mecanismo de certificação de parcelas e a ligação com as matrículas, são essenciais para a definição de um Cadastro Territorial Nacional. Em uma perspectiva mais recente, a FIG defende a administração fundiária *fit-for-purpose* (adequada ao propósito), que reconhece a diversidade de maturidade cadastral local e propõe um design espacial flexível e melhorias incrementais (FIG, 1995; FIG, 2015; ONU, 2016).

Definir os elementos de um Cadastro Territorial para o Brasil exige uma revisão conceitual que integre a essência da pesquisa passada, a viabilidade do cenário atual e a sustentabilidade futura. Nesse contexto, o presente trabalho se propõe a harmonizar mais de 30 anos de pesquisa sobre o Cadastro no Brasil, alinhando-se aos princípios cadastrais da FIG e ao arcabouço legal e conjuntural nacional.

32. A SITUAÇÃO DO CADASTRO TERRITORIAL NO BRASIL

Apesar da necessidade de um Cadastro Territorial integral em todos os municípios para uma gestão eficiente, sua implantação não possui previsão legal obrigatória, dependendo da iniciativa das gestões locais, o que resulta na ausência ou na precariedade dos sistemas. Pesquisas, como a de Santos e Antunes (2020), demonstram que a inexistência de cadastro em áreas municipais dificulta processos essenciais, como a regularização fundiária. Atualmente, a maioria dos municípios mantém um cadastro primordialmente para fins fiscais urbanos (Inscrição Imobiliária), com informações espaciais limitadas e fragmentadas, sendo raras as iniciativas de um cadastro multifinalitário integrado.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

O panorama municipal pode ser dividido em três grupos: total ausência cadastral; cadastro fiscal incipiente em áreas valorizadas; e, em casos raros, um cadastro multifinalitário com sistemas digitais e redes de referência mais amplas. Paralelamente, o Registro de Imóveis, que cobre todo o território nacional e utiliza a Matrícula como identificador, deveria espelhar o Cadastro Territorial. Contudo, essa integração inexistente, obrigando os registradores a buscar soluções próprias para a especialização das matrículas.

No âmbito Federal, embora a União através do INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - centralize o Cadastro georreferenciado de Imóveis Rurais, que é um avanço (Araújo et al., 2018), e mantenha múltiplos cadastros setoriais (SPU, FUNAI, IBGE, Receita Federal, etc.), a informação territorial permanece dispersa, incompleta e desarticulada. Essa fragmentação é agravada pela implantação individualizada e unilateral de redes de referência cadastral pelos diferentes entes (municípios, estados e união) e prestadores de serviços, o que impede o compartilhamento eficaz de informações e aumenta os custos de manutenção e atualização, limitando a expansão das multifinalidades necessárias a um cadastro moderno.

33. PREMISSAS PARA O CADASTRO

O fundamento legal para a implantação de um sistema cadastral territorial nos municípios brasileiros reside no Art. 30, Inciso VIII, da Constituição Federal de 1988, que atribui ao município a competência de "promover, no que couber, adequado ordenamento territorial mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano." Este ordenamento só é plenamente viável mediante o conhecimento preciso do território administrado, o que exige um Cadastro Territorial perfeitamente integrado com o Registro de Imóveis.

Para nortear uma proposta viável de implementação de um Cadastro Territorial para o Brasil, as seguintes onze premissas foram estabelecidas. Elas visam estruturar um sistema adequado às condições técnicas e jurídicas existentes, ao mesmo tempo que promovem o aperfeiçoamento do modelo atual:

Premissa 1: Caráter Parcelar e Identificação Unívoca. O Cadastro deve ser fundamentado na parcela territorial como sua unidade básica (FIG, 1995). O sistema comum deve servir, exclusivamente, para a identificação da parcela e a comprovação oficial de seus limites (PHILIPS, 2004).

Premissa 2: Existência e Densificação da Rede de Referência. A implantação de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), densificada e apoiada em norma técnica, como a ABNT NBR 14.166 recentemente atualizada em 2022 (ABNT, 2022a) e fundamentada no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), é uma condição básica para o Cadastro.

Premissa 3: Obrigatoriedade de Medição em Campo (Levantamento *in loco*). O levantamento dos vértices definidores das parcelas, especialmente onde os limites legais são invisíveis (distintos das feições de ocupação, como cercas ou muros), deve ser executado em campo (*in loco*). Deve ser apoiado na rede de referência, com precisões propagadas e atendendo às tolerâncias de normas técnicas.

Premissa 4: Demarcação Física dos Vértices. Todos os vértices dos imóveis devem ser demarcados sempre que as condições (visibilidade, acessibilidade, estabilidade) permitirem.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

A materialização em campo oferece segurança jurídica, permitindo que futuras medições de verificação sejam realizadas sobre o mesmo ponto original para dirimir dúvidas.

Premissa 5: Previsão para Multifinalidade. O cadastro de parcelas deve constituir a base geométrica e legal (oficial) para os demais cadastros temáticos (infraestrutura, fiscal, ambiental, etc.), formando conjuntamente o Cadastro Territorial Multifinalitário.

Premissa 6: Integração entre Registro de Imóveis e Cadastro Territorial. O princípio da especialidade do Registro de Imóveis e a segurança do direito de propriedade exigem que a caracterização espacial do imóvel (localização e dimensões) seja precisa, sem lacunas ou superposições. Essa precisão é garantida por um Cadastro Territorial interconectado com o Registro.

Premissa 7: Profissionais Habilitados e Credenciados. A execução dos levantamentos cadastrais deve ser realizada por profissionais com formação compatível e habilitação estabelecida pelos respectivos conselhos profissionais.

Premissa 8: Aproveitamento de Normas Técnicas Existentes. Deve-se aproveitar o significativo conjunto de leis e normas técnicas existentes (ABNT e entidades regulamentadoras), já difundidas entre os profissionais, para a padronização dos procedimentos de execução.

Premissa 9: Definição de Precisões Posicionais. As precisões posicionais dos levantamentos devem ser claramente definidas em normas técnicas, de forma a serem compatíveis com a realidade operacional e sustentadas tecnicamente. Para os imóveis rurais o padrão mínimo de precisão de coordenadas de limite é de 50 cm (INCRA, 2022) e para os imóveis urbanos este padrão é de 8 cm (LUZ, 2013; ABNT, 2022b).

Premissa 10: Uso de Produtos de Sensoriamento Remoto para Elaboração Inicial de uma Base Cadastral. Produtos de sensoriamento remoto são adequados para levantamentos em massa e podem ser utilizados para a criação de parcelas provisórias (não certificadas), servindo como uma aproximação inicial e de menor custo para o Cadastro Territorial.

Premissa 11: Aproveitamento dos Cadastros Fiscais Municipais. Os cadastros fiscais municipais, elaborados com base na ocupação de fato e utilizando a inscrição imobiliária, devem ser aproveitados como base inicial para a criação de parcelas provisórias (não certificadas).

34. PARCELA E OBJETOS TERRITORIAIS

Ao longo das últimas décadas, o debate sobre o Cadastro Territorial no Brasil tem visado a adequação de conceitos para a adoção de um modelo cadastral nacional. Qualquer proposta deve observar as premissas técnicas elencadas, garantindo que o Cadastro seja flexível, simples, completo e atualizado. Isso não implica em descartar os conceitos internacionais, mas sim em ajustá-los à realidade brasileira para alcançar resultados semelhantes aos obtidos globalmente.

Em consonância com os princípios cadastrais internacionais e com a Premissa 1 apontada no Capítulo 3 deste artigo, a NBR 17047/2022 passou a apresentar a seguinte definição para a unidade territorial do Cadastro, a parcela é o “espaço territorial de extensão contínua, definido por seus vértices de limite, formando um polígono fechado”

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Esta definição é suficientemente ampla para abranger diversas situações de modelagem. A continuidade espacial da parcela relaciona-se com a unidade dominial, as causas jurídicas que a originam (títulos, posse, etc.) e a localização político-administrativa (Brandão, 2003; França et al., 2018a). Os vértices de limite devem possuir coordenadas georreferenciadas, e a parcela deve receber um código de identificação que seja único, inequívoco e estável.

A simplicidade conceitual é demonstrada pela Lei Federal nº 10.267/2001 (BRASIL, 2001), que equiparou o conceito de imóvel rural ao da Lei de Registros Públicos (Lei Federal nº 6.015/1973) (BRASIL, 1973). Para fins cadastrais, a parcela deve corresponder à Matrícula e, por consequência, ao imóvel, promovendo efetivamente a integração entre Cadastro e Registro (BRASIL, 2013a). Essa experiência do Cadastro Territorial Rural do INCRA, baseada em parcelas certificadas (Figura 1), oferece um modelo para a estruturação de um sistema viável que inclua parcelas urbanas e rurais.

Essa correspondência entre parcela (elemento cadastral) e matrícula (elemento registral) conduz à propriedade de que as parcelas são necessariamente bidimensionais (2D). Dessa forma, ocorrências territoriais que extrapolam o 2D (acima ou abaixo da superfície) devem ser modeladas na forma de Objetos Territoriais.



Figura 1. Base de dados cadastral formada apenas por parcelas certificadas do INCRA
Fonte: Sítio eletrônico do INCRA (2025) (acervofundiario.incra.gov.br)

Embora a correspondência entre parcela e matrícula seja um princípio (Capítulo 3, Premissa 6), ela não é absoluta. Existem parcelas sem matrícula (posses, áreas públicas) e matrículas que se referem a elementos não parcelares (unidades em condomínios verticais, direito de laje).

Para alcançar a completude cadastral desejada e atender às particularidades da gestão rural (centralizada e federal) e urbana (descentralizada e municipal), propõe-se a caracterização de dois tipos de parcelas:

1. Parcela Certificada: Aquela cujos limites foram verificados in loco por agrimensura, apoiados na rede de referência (Capítulo 3, Premissas 3, 4, 7 e 8). Ela representa os limites legais ou de fato necessários para o registro, promovendo a segurança jurídica e tendo caráter definitivo. A certificação exige o atendimento aos critérios de não sobreposição e não existência de lacunas entre parcelas contíguas. As parcelas certificadas constituem o elo oficial com o sistema registral. Sua origem são os levantamentos exigidos pelo INCRA ou

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

prefeituras, mas que, no contexto urbano, são frequentemente subutilizados ou descartados, em vez de serem empregados para a atualização da base cadastral.

2. Parcela Não Certificada: Aquela oriunda de bases de dados geoespaciais existentes (cadastros fiscais, levantamentos em massa, restituição aerofotogramétrica, etc.), cujos limites não foram verificados *in loco* (Capítulo 3, Premissas 10 e 11). Elas possuem a confiabilidade da fonte original e têm caráter provisório, podendo ser alteradas administrativamente (França et al., 2018b). A Figura 2 exemplifica as discrepâncias posicionais e de delimitação comuns nessas parcelas.

As bases cadastrais municipais urbanas podem ser compostas inicialmente por parcelas não certificadas, as quais devem ser progressivamente substituídas por parcelas certificadas, garantindo que ambos os tipos convivam (Figura 3). A permanência de parcelas não certificadas é aceitável, pois elas cumprem papel essencial nas funções arrecadatórias e de planejamento municipal.



Figura 2. Parcelas com discrepância posicional (A) e parcelas com delimitações distintas (B)
Fonte: adaptado de França et al. (2018b)



Figura 3. Exemplo de substituição de parcelas não certificadas (esq. em vermelho) por parcela certificada (dir. em verde)

Fonte: adaptado de França et al. (2018b)

Para modelar a complexidade da realidade territorial que não se limita à parcela 2D, e em conformidade com o Cadastre 2014 (FIG, 1995; Kaufmann & Steudler, 1998), propõe-se o conceito de Objeto Territorial (OT): uma porção do território em cujos limites ou localização condições homogêneas ocorrem.

O OT é mais abrangente que a parcela, sendo n-dimensional e capaz de modelar elementos que não correspondem a uma parcela em si, mas que são cruciais para a gestão territorial. Os OT são de dois tipos (Kaufmann & Steudler, 1998; Santos et al., 2013):

– Objeto Territorial Legal (OTL): Porção contínua que define um direito, responsabilidade ou restrição sobre o território de forma homogênea por legislação (conceito de RRR – *Rights, Responsibilities, Restrictions* da FIG). Exemplos: Áreas de Preservação Permanente (APP), zoneamentos de Planos Diretores. O OTL não necessita de demarcação em campo para existir.

2. Objeto Territorial Físico (OTF): Elemento natural ou artificial fisicamente existente e homogêneo em sua extensão ou localização (Figura 4). Exemplos: Edificações, corpos d’água, linhas de transmissão.



Figura 4. Exemplos de Objetos Territoriais Físicos (esq.) e Legais (dir.)

Fonte: Os autores (2020)

Esta distinção conceitual é fundamental e foi absorvida no conteúdo da Portaria Ministerial nº 3.242/2022 do Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2022). No modelo cadastral proposto aos municípios brasileiros pela Portaria, os OTs, sejam legais ou físicos, podem se sobrepor entre si e sobrepor parcelas, mas sempre estarão vinculados a uma porção territorial. Assim, o conceito de OT abre caminho para a modelagem cadastral em múltiplas dimensões (1D, 2D, 3D, nD), servindo como fonte para os cadastros temáticos multifinalitários (Capítulo 3, Premissa 5) e complementando o conceito de parcela 2D para a viabilidade de um Cadastro para o Brasil.

35. FLUXO DE IMPLEMENTAÇÃO E SUSTENTABILIDADE OPERACIONAL

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

A dificuldade na consolidação de um Cadastro Territorial eficiente no Brasil advém, em parte, da lacuna na legislação, que falha em definir uma estrutura organizacional e um fluxo de processos objetivos, delegando às entidades a definição isolada de procedimentos para atender suas necessidades pontuais.

O levantamento de campo, a etapa mais onerosa do Cadastro Territorial para a determinação precisa das coordenadas dos vértices das parcelas, deve ser custeado pelo proprietário/interessado, espelhando o princípio adotado pelo Registro de Imóveis e pelo georreferenciamento de imóveis rurais (Lei nº 10.267/2001).

No Cadastro Territorial Rural, o INCRA (órgão gestor) adota um modelo de incremento progressivo, construindo sua base "do zero" a partir da submissão e certificação de parcelas certificadas pelos proprietários (Decretos Federais que regulamentam a Lei nº 10.267/2001). Contudo, este modelo de incremento progressivo apenas com parcelas certificadas não é integralmente viável para a área urbana, devido à imensa quantidade de imóveis e ao consequente atraso na composição cadastral, o que inviabilizaria a cobrança de tributos.

Para que o Cadastro Territorial se torne autossustentável e garanta atualização diária (condição essencial para sua eficiência), é imperativa uma estrutura pública mínima que defina regras claras de gestão. Propõe-se um fluxo de processos sustentável (França et al., 2018; Cabral et al., 2020; Brasil, 2022), que se inicia com a criação da base cadastral a partir de levantamentos em massa (sensoriamento remoto ou bases existentes) para gerar as parcelas não certificadas (Figura 5).

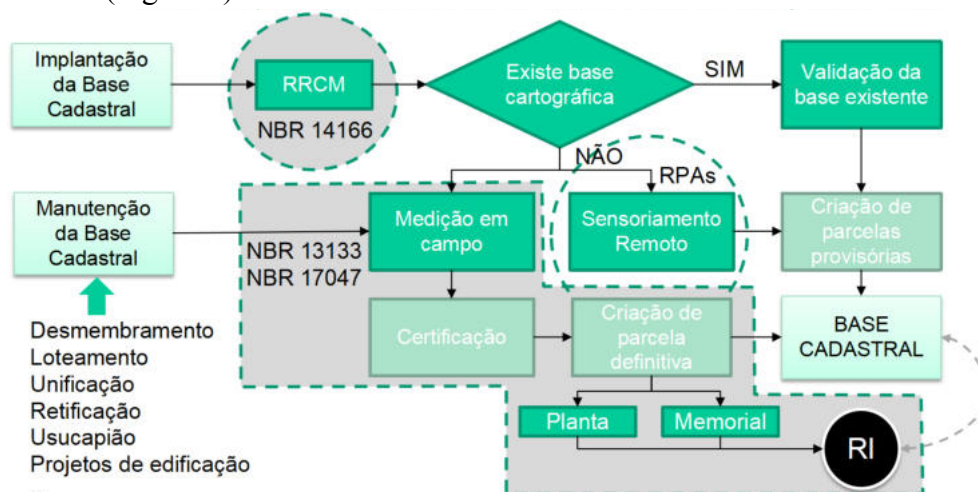


Figura 5. Fluxo para implantação do Cadastro Territorial

Fonte: dos Autores.

Este fluxo exige que o poder público implante minimamente a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) e realize a criação e manutenção das parcelas não certificadas. No entanto, a parte onerosa - o levantamento de campo para a certificação - é ativada e custeada pelo proprietário (principal interessado) quando este necessitar realizar atos como desmembramento, unificação, retificação, ou aprovação de projetos de edificação (França et al., 2018; Cabral et al., 2020).

O mecanismo de certificação da Lei nº 10.267/2001 deve ser aproveitado e estendido para o Cadastro Territorial como um todo (rural e urbano). A certificação, realizada por um profissional credenciado e analisada pelo órgão gestor (INCRA, no caso rural), atesta que a

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

parcela não se sobrepõe a outra já certificada. No caso de parcelas contíguas, há a exigência da coincidência dos vértices de limite comum.

Quando uma parcela é submetida ao processo de certificação o órgão gestor deve analisar a geometria e confrontações da parcela medida em campo com as parcelas provisórias lindeiras. A comparação geométrica é feita pela análise de sobreposição ou vazios, e não apenas pela coincidência de vértices, pois a quantidade de vértices pode ser diferente. Se a diferença posicional (tolerância) for atendida, o órgão gestor ajusta os vértices das parcelas provisórias para os vértices da parcela definitiva certificada (Figura 6). Se a tolerância for excedida, o profissional deve iniciar um processo administrativo para que o órgão gestor realize o ajuste geométrico da base cadastral antes da certificação final.



Figura 6. Exemplo de atualização cadastral de parcela certificada

Fonte: adaptado de França et al. (2018)

A manutenção do Cadastro Territorial exige, portanto, que o poder público analise a certificação e atualize a base cadastral. Utilizar sistemas automatizados, como o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) do INCRA, como referência, pode automatizar a maior parte das certificações, reduzindo a dependência de um quadro funcional especializado nas prefeituras.

36. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A implementação de um Cadastro Territorial sólido, com uma base cadastral parcelar e o mapeamento dos Objetos Territoriais (OT), integrada ao Registro de Imóveis, é uma condição indispensável para o adequado ordenamento territorial no Brasil. A viabilidade técnica e jurídica dessa proposta é fortemente reforçada e balizada por recentes avanços normativos.

Embora muitos municípios já possuam Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com cartografia cadastral de alta qualidade obtida por sensoramento remoto, o desafio reside em transitar de bases de mapeamento para um cadastro juridicamente seguro. Os procedimentos propostos neste trabalho utilizam esses produtos existentes como fonte para as parcelas não certificadas. O avanço gradual para parcelas certificadas, por meio de medições em campo, pode levar tempo, mas é a única solução economicamente viável e autossustentável para os municípios. Nenhuma administração municipal, especialmente em cidades de médio ou grande porte, tem capacidade para medir todas as parcelas *in loco*; esta tarefa deve ocorrer sob demanda e ao longo do tempo, custeada pelos proprietários interessados.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

O fluxo de implantação e manutenção cadastral apresentado permite a integração dos serviços de mensuração de imóveis em qualquer município, independentemente de seu porte ou maturidade tecnológica. Dessa forma, alcança-se a atualização cadastral diária, eliminando a dependência de atualizações periódicas custeadas por aerolevantamentos. Embora os serviços de sensoriamento remoto devam ser mantidos para a produção de conhecimento territorial amplo e a geração de parcelas não certificadas, eles não substituem a precisão e a segurança jurídica conferidas pela medição de campo.

A estrutura e o fluxo propostos neste trabalho estão intrinsecamente conectados e validados pelo arcabouço normativo mais recente. A ABNT NBR 17.047:2022 (Levantamento Cadastral Territorial) é fundamental, pois estabelece os requisitos para o levantamento de imóveis rurais e urbanos, garantindo a qualidade dos dados geoespaciais e o rigor técnico necessário para que uma parcela alcance o status de certificada, o que atende diretamente à Premissa 3 (Medição em Campo) e à Premissa 9 (Precisões Posicionais), sendo a chave para a integração e interoperabilidade dos dados em nível nacional. Adicionalmente, as normas ABNT NBR 13.133:2021 (Execução de Levantamento Topográfico) e NBR 14.166:2022 (Rede de Referência Cadastral Municipal) balizam a Premissa 2 (Rede de Referência) e a Premissa 7 (Profissionais Habilitados), garantindo a base física para a segurança posicional do cadastro. Institucionalmente, a Portaria Ministerial MDR nº 3242/2022 (Diretrizes para Cadastros Territoriais) reconhece a necessidade de unificação cadastral, criando o alicerce para o modelo multifinalitário proposto (Premissa 5) e validando a importância da harmonização e intercâmbio de dados entre os entes federativos. Por fim, o recente Provimento CNJ nº 195/2025 (Regulamentação do SREI) impulsiona a digitalização registral, atuando como motor da Premissa 6 (Integração Cadastro-Registro), ao fornecer a base para que as parcelas certificadas, com sua precisão geométrica assegurada pela NBR 17.047, possam ser registradas e representadas espacialmente, permitindo a comunicação eficiente entre a base cadastral municipal e o Registro de Imóveis.

A escolha da técnica de levantamento cadastral é crítica. Observa-se uma rápida evolução tecnológica na aquisição de dados, mas os processos de gestão municipais evoluem em um ritmo mais lento. Para que o fluxo proposto funcione, é fundamental que os processos de gestão cadastral estejam consolidados e maduros na estrutura administrativa das prefeituras.

Em conclusão, as medidas propostas neste artigo, ao conciliarem os princípios do Cadastro Territorial preconizados pela FIG com as particularidades da vasta extensão e diversidade municipal brasileira, oferecem um caminho concreto. O Brasil não pode simplesmente copiar sistemas europeus; entretanto, com um fluxo de processo organizado, estruturado e apoiado no atual e convergente arcabouço normativo brasileiro, o Cadastro Territorial pode, de fato, ser implementado com sucesso no país.

REFERÊNCIAS

Araújo, A. L., Boscatto, F., Braghirolli, G., & França, R.M. (2018) Fragilidades do SIGEF e da 3ª Edição da NTGIR: Lições de Cadastro para o SINTER. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, VII., 2018, Recife, Anais.. Recife: UFPe, 2018.* Disponível em:

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

- <https://www.ufpe.br/documents/39451/1384233/Anais+do+VII+SIMGEO/2ff23c73-935d-4418-8728-fefb24630f34>. Acesso em: 28 jun.2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13.133. (2021). Execução de Levantamentos Topográficos - Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14.166. (2022a). Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17.047. (2022b). Levantamento Cadastral Territorial para Registro Público. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brandão, A. C. (2003). O Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis,
- BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988 Brasília, DF: Presidência da República, [2020].. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 jun 2020.
- _____. (1973) Lei Federal Nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6015compilada.htm. Acesso em: 17 jun 2020.
- _____. (2001). Lei Federal Nº 10.267, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2001]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10267.htm. Acesso em: 20 jun 2020.
- _____. (2022). Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM, nos municípios brasileiros. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 211, seção 1, p. 102, 11 nov. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3.242-de-9-de-novembro-de-2022-443240087>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- Cabral, C. (2020). Uma proposta de Cadastro Territorial para o Brasil. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 72, n. Especial 50 anos, p. 745-764, 2020. DOI: 10.14393/rbev72nespecial50anos-56469. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/56469>. Acesso em: 25 ago. 2020.
- FIG. INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS. Statement on the Cadastre. FIG Publication. Canberra, n.11, 1995. Disponível em:

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

<https://fig.net/resources/publications/figpub/pub11/figpub11.asp>. Acesso em: 23 jun.2020.

- _____. Fit-For-Purpose Land Administration. FIG Publication. Copenhagen, n.60, 2015. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub60/Figpub60.pdf>. Acesso em: 23 jun.2020.
- França, R.M., Araújo, A.L., Boscatto, F., Cabral, C.R., & Collischonn, C. (2018). Parcelas e Objetos Territoriais: Uma Proposta para o SINTER. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 13. 2018, Florianópolis. Anais . Florianópolis, UFSC, 2018. Disponível em: <http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2018/paper/view/492/243>. Acesso em: 23 jun.2020.
- França, R.M., Araújo, A.L., & Boscatto, F. (2018). Uso de RPAs para Definição de Parcelas Provisórias do Cadastro Territorial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, VII., 2018, Recife, Anais.. Recife: UFPe, 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39451/1384233/Anais+do+VII+SIMGEO/2ff23c73-935d-4418-8728-fefb24630f34>. Acesso em: 28 jun.2020.
- INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. (2022). Manual Técnico de Georreferenciamento de Imóveis Rurais. [Brasília:INCRA]. Disponível em: https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_geo_imoveis.pdf. Acesso em: 20 jun 2025.
- Kaufmann, J., & Steudler, D. (1998). Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system. FIG Publication. Rüdlingen, 1998. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf>. Acesso em: 23 jun.2020.
- Luz, L. A. S. (2013). Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2013.
- ONU. Organização das Nações Unidas. (2014). Fit-For-Purpose Land Administration: Guiding Principles for Country Implementation. ONU: Nairobi, 2014. 132p. Disponível em: https://www.fig.net/news/news_2016/2016_07_gltnguide/fit-for-purpose-land-admin-guiding-principles-for-country-implementation.pdf. Acesso em: 23 jun.2020.
- Philips, J. Breve histórico do cadastro de imóveis no mundo. Revista de direito imobiliário/IRIB, São Paulo: RT, n. 317, p. 14 – 19, jun./ago. 2004. Disponível em: <http://iribnet.com.br/revista/reserva/revista317/317.pdf> . Acesso em 30 jun 2020.
- _____. (1996). Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, 2, 1996, Florianópolis. Anais. Florianópolis, UFSC.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Santos, J. C., Farias, E. S., & Carneiro, A. F. T. (2013). Análise da Parcela como Unidade Territorial do Cadastro Urbano Brasileiro. *Boletim de Ciências Geodésicas*, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 574-587, dez. 2013. Disponível em <https://goo.gl/KEzh6w>. Acesso em 30 jun 2020.

Santos, S. D. R., & Antunes, A. F. B. (2020). O Cadastro Territorial Multifinalitário no contexto dos processos de Regularização Fundiária Urbana. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 2, 2020. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/48360>. Acesso em 29 jun 2020.

BIOGRAPHICAL NOTES

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Professores do Curso Técnico em Agrimensura
Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Florianópolis

Membros da Comissão de Estudo de Serviços Topográficos da ABNT/CE-02:006.17

CONTACTS

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Instituto Federal de Santa Catarina
Av. Mauro Ramos, 950, Centro
Florianópolis
BRASIL
Phone: +55 48 3221 6061
E-mail: [adolfo.lino], [flavio.boscatto], [ccabral], [rovane] @ifsc.edu.br
Website: sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

A Gift to the Future: LADM Modeling as a Basis for Integrating the Indigenous Theme into the Land Management System in Brazil

Ednez GOMES TAVARES, Liane RAMOS DA SILVA, Marco Aurélio BARBIERO and
Everton DA SILVA, Brasil.

Keywords: Sinter, LADM, indigenous theme, environment, nature.

ABSTRACT

Environmental challenges have compelled States to seek innovative and effective solutions. At the same time, the effectiveness of ancestral knowledge has been scientifically demonstrated and is evidenced by the preservation of lands occupied by Indigenous peoples since time immemorial. In this context, this article aims to present a conceptual model for managing Brazilian Indigenous issues through the National System of Territorial Information Management (Sinter), aligned with the international Land Administration Domain Model (LADM) and the Social Tenure Domain Model (STDM). To this end, a structured framework is proposed that encompasses Indigenous issues in their territorial, legal, administrative–financial–budgetary, socioeconomic, and temporal dimensions. The proposal seeks both to incorporate Indigenous cosmology into land management systems and to integrate territorial data with the Indigenous Individual Registry, based on knowledge obtained through fieldwork in Indigenous lands and in technical–institutional contexts. The Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G), an extension of object-oriented modeling, was employed for the proposed integration with LADM classes and attributes. It is expected that the model will contribute to strengthening the guarantee of fundamental rights for Indigenous peoples and to disseminating the understanding that ancestral cosmovision broadens the socio-environmental perspective in land regulation. The article concludes that the LADM model needs to evolve to consider relationships with land in which it constitutes an inseparable part of the inhabitants' identity, and to reforest the technical-scientific thinking that underpins the epistemological foundations of territorial management systems.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

A Gift to the Future: LADM Modeling as a Basis for Integrating the Indigenous Theme into the Land Management System in Brazil

Ednez GOMES TAVARES, Liane RAMOS DA SILVA, Marco Aurélio BARBIERO and
Everton DA SILVA, Brasil.

1. CONTEXTUALIZATION

Indigenous issues are characterized as the set of matters encompassing policies for the protection, promotion, and guarantee of rights for native peoples and their lands, which in Brazil are deliberated by various governmental institutions and organized civil society. Within the normative–institutional framework, these institutions converge significantly on fundamental points such as respect for the autonomy of Indigenous peoples, recognition of their cultural and linguistic diversity, and observance of their social, historical, and environmental specificities. There is also convergence regarding the participation of Indigenous representatives and the National Foundation of Indigenous Peoples (Funai) in institutional activities relevant to them.

Despite this, the systemic inefficiency of the apparatus managing Indigenous issues is evident in three critical aspects: the chronic vulnerability to which a large portion of native communities is subjected; the systematic degradation of their lands and territories (a concept that incorporates the cultural and spiritual dimensions of their relationship with the land); and the perpetuation of land conflicts, aggravated by more than three decades of non-compliance with the constitutional deadline for concluding demarcations, as established in Article 67 of Brazil's Federal Constitution. In addition, there has been an increase in the Indigenous population living in precarious urban conditions—according to data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2022)—which highlights the challenge of fulfilling constitutional duties and international commitments assumed by the Brazilian State. Furthermore, although the serious adversities affecting Indigenous peoples are widely known, there is no record of prominent cases in which public officials—whether individuals or legal entities—have been held accountable for administrative misconduct, either by action or omission in fulfilling their protective duties. Thus, despite their evident expropriatory intent, various violations have been passively witnessed by rulers and by much of Brazilian society as depersonalized and unaccountable collective organisms. Paradoxically, the ancestral ecological knowledge of traditional populations has gained increasing recognition internationally as an indispensable element for territorial and environmental management and for preserving planetary biodiversity, as confirmed by studies such as Hanspach et al. (2020), Turner (2021), Nitah (2021), and Levis et al. (2024).

Within this panorama, States have been compelled to jointly pursue innovative solutions that ensure the sustainability of life on Earth, and Brazil, in particular, is expected to fulfill the commitments it has undertaken before the international community. From these considerations, it becomes evident that in Brazilian territory—and perhaps on the planet—the protection of nature and Indigenous issues are intertwined within the same web of life, since much of the forest that still breathes does so because its autochthonous inhabitants (re)exist. It is therefore the responsibility of governments to connect the vertices of this socio-environmental geometry, where each point represents a people and each angle, an

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

ancestral right that reverberates across all aspects of human continuity. In other words, the permanence of these peoples in their lands and territories not only reconstitutes the basis of social justice in the country but also constitutes a crucial factor for biodiversity preservation and global climate balance.

When considering possible alternatives for interoperable management of Indigenous issues, it is clear that the Brazilian federal government already possesses a technological framework with adequate potential, requiring only direction or optimization for the intended purpose. This framework is the National System of Territorial Information Management (Sinter), which integrates cadastral, geospatial, fiscal, and legal data related to real estate, including Indigenous Lands (ILs). Administered by the Federal Revenue of Brazil, Sinter is regulated by Decree No. 11,208 of September 26, 2022, and stands as a strategic technological resource, given that it is already developed, implemented, and normatively compatible, and further provides the appropriate architecture to incorporate a thematic layer that promotes interoperability and accountability concerning aspects surrounding Indigenous issues.

In addition to Sinter, the Federal Revenue Service (RFB) also manages the Individual Taxpayer Registry (CPF), a registry established as sufficient to identify Brazilian citizens across public service databases, under Law No. 14,534 of January 11, 2023. The CPF is also the main attribute of the Citizen Base Registry, instituted by Decree No. 10,046 of October 9, 2019, with the purpose of improving public policy management and enabling the cross-referencing of official cadastral databases to enhance governance, among other objectives.

By managing these systems, the RFB positions itself as a central actor in the construction of a modern and inclusive land administration model responsive to emerging socio-environmental challenges. This is because, by integrating cadastral, geospatial, and legal data within Sinter and establishing the CPF as a unique identifier, the agency has the necessary structure to harmonize territorial and sociodemographic information, aligning with the LADM standard and its extension, the STDM. Consequently, the cross-referencing of CPF data with territorial information from Sinter provides ideal conditions to strengthen land governance, promote interoperability, and reinforce accountability—essential strategies in a context as sensitive as Indigenous issues.

This approach can also enhance the informational visibility of Indigenous peoples, since their absence in official records reflects a historical pattern dating back to Brazil's earliest population surveys (Oliveira, 1997) and persisting today, as indicated by recent research from the Institute of Applied Economic Research (IPEA) (Silva, Lunelli, & Souto, 2024). This omission is also reproduced in the development of public policies and national legislation, as in the General Data Protection Law (LGPD—Law No. 13,709 of August 14, 2018). By categorizing ethnic origin as sensitive information, the LGPD failed to recognize it as a fundamental identity marker of Indigenous peoples, disregarding their longstanding claim to the right to express their ethnic identity in their surname and potentially perpetuating their invisibility in governmental information systems.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

From a perspective essential to this work, the correspondence between Indigenous peoples and their lands reflects a central aspect of their cosmology: the understanding of land and beings as inseparable elements. This pertinence is captured in the reflection of Indigenous leader Ailton Krenak (Krenak, 2020), who, by conceiving the human body as part of the Earth's body, reveals the persistence of a relational ontology that integrates nature and humanity into a living fabric of reciprocities. This vision, far from being a mere philosophical abstraction, materializes in the daily practices of territorial management that have ensured, over millennia, the preservation of the most biodiverse, healthy, and intact lands and waters that remain on the planet, as documented by the studies previously cited. The history of this safeguarding reveals, however, that these people-territory communities have sacrificed their own lives in defense of their groups and ecosystems, a crucial contribution to the protection of the natural heritage now recognized globally.

In light of these arguments, this article aims to present a conceptual model for managing Brazilian Indigenous issues through the National System of Territorial Information Management (Sinter), aligned with the international standards of the Land Administration Domain Model (LADM) and the Social Tenure Domain Model (STDM). To this end, a structured framework is proposed that enables the representation and integration of territorial and cadastral data of Indigenous peoples, drawing upon knowledge obtained both from fieldwork with native communities and from technical-institutional contexts. The proposal seeks to contribute to the improvement of public policies and the guarantee of fundamental rights for Indigenous peoples, as well as to strengthen land management systems in ways that support the preservation of their places of origin, including as a mechanism for maintaining ecological and socio-environmental balance.

2. METHODOLOGY

Having established the thematic focus of this work, the methodological procedures were structured in four stages: (i) a bibliographic review to ground the key concepts related to Indigenous issues and to deepen the authors' understanding of land administration, particularly the innovations introduced by ISO 19152-1:2024; (ii) characterization of Indigenous issues with the identification of the main agencies and entities responsible for addressing them, which, at the federal level, are linked to the Ministry of Health (MS), Ministry of Education (MEC), Ministry of the Environment and Climate Change (MMA), Federal Public Prosecutor's Office (MPF), Ministry of Agrarian Development and Family Agriculture (MDA), Ministry of Social Development and Assistance, Family and Fight Against Hunger (MDS), Ministry of Justice and Public Security (MJSP), and Ministry of Indigenous Peoples (MPI); (iii) analysis of the regulations related to the Individual Taxpayer Registry (CPF), the National System of Territorial Information Management (Sinter), and the cadastral data extracted from the CPF management system, maintained in the RFB database; and (iv) definition of the classes and basic elements that will enable the integration of geospatial and socio-environmental data, followed by the adaptation of the classes and their respective attributes to support a modeling simultaneously anchored in Indigenous cosmology and the LADM standard, in line with the descriptive character of this model, as defended by Lemmen (2012).

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

For the development of the final stages, a conceptual map was elaborated to represent the political-administrative structure of Brazil, the institutional relationships that impact Indigenous peoples' rights, and the connections that should inevitably be integrated into the modeling (Figure 1). To design the class diagram of the conceptual model of the Indigenous thematic layer, the web tool OMT-G Designer (available at <http://aqui.io/omtg/#>) was employed to describe the classes, relationships, and cardinalities related to Indigenous Lands, villages, and Indigenous citizens. This tool enables the application of the Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G), an extension of object-oriented modeling adapted to Geographic Information Systems. Based on UML, OMT-G provides a formal conceptual structure for representing geographic entities, organized into two types of classes: conventional (non-spatial objects) and georeferenced (objects with location and shape in geographic space). Developed by Borges (1997), OMT-G has become one of the most widely used methods for spatial data modeling in Brazil and was applied by the National Cartography Commission (Concar) in modeling the Brazilian National Spatial Data Infrastructure (INDE), established by Decree No. 6,666 of November 27, 2008. In addition, OMT-G is compatible with the classes and relationships defined in ISO 19152-1.

3. MODELING THE INTERFACES BETWEEN BRAZILIAN FEDERALISM, INDIGENOUS THEME AND LADM/STDM

Understanding, even minimally, the Brazilian political-administrative structure is fundamental to analyzing how the rights of Indigenous peoples are (or should be) recognized, guaranteed, and implemented in the country. In this regard, it is pointed out that, according to the Constitution of the Federative Republic of Brazil of 1988 (CRFB/1988), the Federative Republic of Brazil is the legal entity of public external law composed of the Union, the States, the Municipalities, and the Federal District. The Union is the central entity and, although it has exclusive competence to represent Brazil in its international relations, it is not to be confused with the Federal State, since it is merely a member of internal public law, as are the other federated entities.

On the international plane, the Brazilian State committed to recognizing the identity and the individual, collective, and territorial rights of Indigenous peoples by internalizing Convention No. 169 of the International Labor Organization (ILO) in 2002, later promulgated by Decree No. 5,051 of April 19, 2004. It is emphasized, however, that in the domestic domain, the CRFB/1988 had already established a specific legal regime for Indigenous lands, qualifying them as property of the Union over which Indigenous peoples have the right to exclusive and permanent usufruct, and obliging the Union to "demarcate them, protect them, and enforce all their assets" (CRFB/1988, art. 231). This article also recognized for Indigenous peoples "their social organization, customs, languages, beliefs and traditions, and the original rights over the lands they traditionally occupy."

It is from these two institutes, ILO Convention No. 169 and the CRFB/1988, that the duty of the other federative entities to protect Indigenous rights originates, which are exercised within the scope of their constitutional competences. Thus, in the exercise of its attributions, the Union delegates its competence to deal with Indigenous issues to the ministries mentioned in

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

the methodology section, specializing it in sectors (health, education, etc.); while the States, Municipalities, and the Federal District fulfill their obligations through their respective specialized secretariats. In this structuring, the institutional responsibility of civil society also arises, resulting from its own initiative and the establishment of partnerships with public institutions of the federated entities, as occurs with Non-Governmental Organizations (NGOs), associations, and other entities, generally non-profit.

3.1 The Inseparability between Indigenous Lands (ILs) and their peoples in the model

The integrative modeling of Indigenous issues in Sinter, aligned with the LADM/STDM standard, proved challenging due to the complex Brazilian political-administrative structure and its effects on the competences of the entities responsible for managing the Indigenous issue. In the comparison between the configuration of the governance of the Indigenous theme and the "Party" package, it was observed that, as federated entities, the States, Municipalities, and the Federal District have constitutional responsibilities over the lands and autochthonous peoples, without, however, holding domain rights over the ILs—since these constitute assets of the Union. It was also verified that, in the LADM/STDM conception, the overlap between the Union's property right and the collective possession right of Indigenous peoples (ethnic groups) establishes a legal relationship in which the Union and Indigenous peoples figure, respectively, as distinct parties of the territorial relationship with the ILs. Despite the conceptual adequacy of this verification, it was identified that the inclusion of Indigenous persons as member-party of the "Ethnicity" class would violate the semantics of the model, as it would result in attributing responsibility of one party over another party—since the Union, States, Municipalities, and the Federal District are responsible for guaranteeing ethnic rights to Indigenous persons.

The solution (in LADM/STDM) for this conflict translates the primordial and inseparable relationship that Indigenous peoples maintain with the land, synthesized in the premise that "Indigenous lands do not exist without Indigenous people." In the modeling, this relationship was represented by the verb "composes" (are integral to), evidencing the inseparability between Indigenous peoples and their ancestral lands, of which they constitute territorial elements as intrinsic as the physical components of the landscape and as specific as the endemic species that exclusively inhabit that territory.

With the objective of strengthening governmental interoperability in the management of Indigenous issues and offering consistent support for both the administration and the development of Indigenous policies, the proposed modeling encompasses five essential dimensions: territorial, legal, administrative–financial–budgetary, socioeconomic, and temporal.

The territorial dimension comprises the geographic representation of the boundary polygons of Indigenous lands, of HAC objects (explained later); of points related to the location of villages; and the indication that the area of ILs can occupy territorial portions of several municipalities—a relevant theme in territorial planning and the management of other

Indigenous issues. In the legal aspect, it establishes correlations between ethnic rights and the applicable national (and international) normative framework. In the administrative–financial–budgetary aspect, it connects ethnic rights with the bodies responsible for guaranteeing them and with the financial–budgetary information that allows monitoring the execution of public resources destined for Indigenous policies, promoting greater transparency and efficiency in the application of investments. The socioeconomic dimension integrates sectoral information from consolidated management and transparency systems, such as Educacenso (education census) and e-SUS (Unified Health System), enabling the integration of diverse sectoral data, such as education, health, demography, and other sectors, and informing multidimensional analyses on the socioeconomic conditions of Indigenous communities. Finally, the temporal dimension enhances the historical traceability of territorial and legal events by recording relevant chronological milestones that include dates of changes in the geographical location of villages; of official recognition of rights and responsibilities; and periods of validity of legal instruments that delegate competence to entities.

Within the scope of physical–spatial and ethnocultural particularities, it is highlighted that individuals can be multi-ethnic; that the same ethnicity can inhabit more than one Indigenous Land (IL); and that an IL may not have inhabitants with a CPF. This last hypothesis reflects the situation of isolated peoples, who may both share the area of an IL with other ethnicities or occupy an area especially designated for them. The Massaco IL, destined for the permanent possession of the isolated Indigenous people who traditionally occupy it, was the case considered to illustrate this particularity (ratified by Decree without number, of December 11, 1988). The modeling also signals the possibility of nomadism or territorial mobility of some peoples with a history of the location of villages (with start and end dates), a practice that materializes ecological sustainability by allowing the regeneration of the previously occupied area (Aparicio 2021, J. Silva 2022). In some cases, this itinerancy requires previous and subsequent actions, such as the construction of shelters, the anticipatory cultivation of food, and the reforestation of the unoccupied place, as observed in fieldwork in the Waimiri-Atroari IL and reported about the Yanomami peoples (EMIRI, 2020); and various others, such as some of those who inhabit the Javari Valley IL, many of recent contact or isolated (Braga, L. V., Cangussu, D., & Furquim, L. P. 2022).

In order to integrate Indigenous cosmology—perspectives incorporated in the National Policy for Territorial and Environmental Management of Indigenous Lands (PNGATI, Decree No. 7,747 of June 5, 2012)—the class "Objects_HAC" was inserted, with the objective of representing the Historical, Affective, and Cosmological (HAC) territorial objects, defined as specific territorial portions that have historical, affective, or cosmological symbolism for ethnic or cultural groups. These spaces are geolocated and delimited, and may or may not be associated with formal relations of possession or conventional property, which, for Indigenous peoples, are expressed as a bond of territorial belonging. Thus, they are not just geographical points, but living places that harbor spirits, memories, origin stories, rituals, and relationships with nature. Their essence transcends the legal dimension, situated in the scope of the symbolic and identity connections that human groups establish with the territory.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Due to their uniqueness, "HAC objects" are not linked to isolated individuals, but to cultural or ethnic groups with which the relationship is community-based and perennial, reflecting bonds that persist through generations and consolidate as an integral part of the group identity. Because of this, the description of the relationship between the group and the HACs is complex, demanding anthropological approaches that consider collective memory, cultural practices, and the belief system that attributes sacred characteristics to the space. Consequently, the attributes associated with HACs should not have rigid value domains, in order to allow the inclusion of texts and documents of an anthropological and geographical nature. For example, a sacred place for an Indigenous people would be freely registered as HAC with descriptive attributes of the practice (periodicity, associated mythical narratives) and links to ethnographic studies.

In short, the modeling articulates these elements through a hierarchical structure that connects, in territoriality, Indigenous people to the villages where they reside, the villages to the Indigenous lands where they are located, and these to the municipalities in whose territories they are situated. Simultaneously, it links such elements to the bodies and entities responsible for ensuring the individual and collective rights of Indigenous peoples. This relational architecture allows both specific analyses of each level and cross-sectional studies that contemplate from individual impacts to implications of Indigenous policies, also fostering transparency and social control of public investments directed to this theme. However, its primary purpose must be to instrumentalize environmental protection as a mechanism to face growing climate challenges. The logical basis of this perspective is in the scientific evidence that indicates the concentration of most of the preserved biodiversity in ILs, which allows concluding that the permanence of Indigenous peoples in their lands and territories represents one of the most effective strategies for environmental preservation and, consequently, for the continuity of life on the planet.

In view of the above, it is concluded that, as an international standard, LADM can support the development of land administration system applications that integrate the premises that: socio-environmental factors have profoundly influenced the current panorama of land management; the protection of Indigenous lands is paramount for ecological preservation; and Indigenous peoples constitute the very reason for being of their lands. For this, semantic adaptations are necessary that understand that "the Earth is the mother of everything that lives, of everything that is, a bond of kinship that unites man to everything that surrounds him [...]. The mountain, the valley, the forest are not simply a frame, an 'exterior,' even if familiar. They are man himself" (Dardel, 2011, p. 49).

4. CONSIDERATIONS

Challenges such as climate change, pressure on natural resources, and social inequalities impose on land management a perspective that incorporates different ways of relating to the land. In the same context, LADM offers a conceptual model aimed at delimiting and controlling geographic spaces based on spatial regulation, that is, the formalization of rights, restrictions, and responsibilities (RRR) that affect the territory and its geospatial components. However, even with its flexibility and its STDM extension, which encompasses unorthodox forms of property, the model has not yet been expanded to represent perspectives of

relationship with the land in which it is an inseparable part of the inhabitants' identity—whose presence qualifies it as “Indigenous land.”

The semantics of this relationship are especially relevant in the proposed modeling for contexts such as Brazil, in which the deliberation of Indigenous issues is fragmented among various governmental and civil society institutions. In addition to conferring conceptual integrity on the model, representing the relationship with the land according to Indigenous cosmology represents an opportunity for the inclusion and/or decolonization of native peoples in land management systems. This approach can assist in the protection of Indigenous rights, enhancing the preservation of natural spaces that have maintained their ecological balance only due to the protagonism of peoples who often sacrificed their own lives for the continuity of their territory and their people.

With the potential to be implemented in Brazil and other countries, the presented model aims to strengthen interoperability among state agents, supporting the monitoring and development of more effective institutional protection mechanisms for Indigenous issues. For this, it is emphasized that combining socio-environmental factors with the globally conventional technical standard requires integrated approaches sensitive to the complexity of these relationships and to the effects that may arise from their recognition. From this perspective, it is assumed that incorporating Indigenous cosmology into land management systems has the potential to reforest the technical–scientific thinking that underlies them, making their epistemological foundation more diverse and inclusive.

REFERENCES

- Aparicio, M. (2021). Antisociológicas Arawá: modos de relación en Amazonia occidental. *Revista de Antropología Social*, 30, 27–40.
- Borges, K. A. V., Davis Jr., C. A., & Laender, A. H. F. (2001). OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. *GeoInformatica*, 5(3), 221–260. <https://doi.org/10.1023/A:1011482031743>
- Braga, L. V., Cangussu, D., & Furquim, L. P. (2022). Abertura: Instrumentos de promoção das políticas para povos indígenas isolados e de recente contato: os Tupi no arco do desmatamento. *Revista Brasileira De Linguística Antropológica*, 14(1), 15–60. <https://doi.org/10.26512/rbla.v14i1.46430>
- Dardel, E. (2011). O homem e a terra: natureza da realidade geográfica (W. N. F. da Silva, Trad.). Perspectiva. (Trabalho original publicado em 1952).
- Emiri, L. (2020). ALGUNS DADOS SOBRE OS YANOMAMI. *Boletti Mirim*, 3(01). <https://doi.org/10.24979/bolmirr.v3i01.709>
- Hanspach, J., Haider, L. J., Oteris-Rozas, E., et al. (2020). Data from: Biocultural approaches to sustainability: a systematic review of the scientific literature [Dataset]. Dryad. <https://doi.org/10.5061/dryad.d51c5b007>

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

- Krenak, A. (2020). *Ideias para adiar o fim do mundo*. Companhia das Letras.
- Lemmen, C. (2012). *A domain model for land administration* (Tese de doutorado). Universidade Técnica de Delft.
- Levis, C., et al. (2024). Indigenizing conservation science for a sustainable Amazon. *Science*, 386, 1229–1232. <https://doi.org/10.1126/science.adn5616>
- Nitah, S. (2021). Indigenous peoples proven to sustain biodiversity and address climate change: Now it's time to recognize and support this leadership. *One Earth*, 4, 907–909. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.06.015>
- Oliveira, J. P. de. (1997). Pardos, mestiços ou caboclos: os índios nos censos nacionais no Brasil (1872-1980). *Horizontes Antropológicos*, 3(6), 61–84. <https://doi.org/10.1590/S0104-71831997000200004>
- Silva, F. A. B., Lunelli, I. C., & Souto, F. O. (2024). O Cadastro Único e a organização de políticas públicas para a implementação dos direitos sociais dos povos indígenas (Texto para Discussão, No. 3005). IPEA. <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/14026>
- Silva, J. O. (2022). *Os Korubo descobrem os brancos. Uma etnografia sobre contato na Amazônia ocidental* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Repositório Institucional da UFRJ.
- Turner, N. J. (2020). From "taking" to "tending": learning about Indigenous land and resource management on the Pacific Northwest Coast of North America. *ICES Journal of Marine Science*, 77(7-8), 2472–2482. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa095>

BIOGRAPHICAL NOTES

Ednez Gomes Tavares holds a Bachelor's degree in Tourism from the Fluminense Federal University (UFF) and postgraduate specializations in Municipal Public Management (UFF) and Tax Law and Society Relations (University of Brasília – UnB). She is currently pursuing a Master's degree in Territorial Management at the Federal University of Santa Catarina (UFSC), developing the research project “Indigenous Peoples: the Third Included in Territorial Management Systems”, which integrates environmental taxation, Indigenous policies, and the Territorial Management System (Sinter) under a transdisciplinary perspective. Her professional experience includes more than 10 years at the Brazilian Federal Revenue Service, where she works in taxpayer management and assistance. This trajectory allows her to combine knowledge in public policy, territorial planning, and tax law with a critical socio-environmental perspective. Born on Marajó Island (PA), her riverside sociocultural background strengthens her commitment to equity in access to social, tax, and territorial rights, especially for Indigenous peoples and traditional communities.

Liane Ramos da Silva is a professor in the Department of Civil Engineering at UFSC (Federal University of Santa Catarina) and a professor in the PPGTG (Graduate Program in Transport Engineering and Territorial Management). She develops research and extension projects in the areas of Multipurpose Land Cadastre, Land Administration, and Geotechnologies.

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STD, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

Marco Aurélio Barbiero holds a degree in Computer Science from the University of Passo Fundo (UPF) and is currently pursuing a Master's degree in Transport Engineering and Territorial Management at the Federal University of Santa Catarina (UFSC). A Tax Auditor at the Brazilian Federal Revenue Service (RFB) since 1992, he has explored the field of LADM and has sought to specialize in the modeling of unidentified territorial objects, such as "HAC objects." He is also the author of books and chronicles that address everyday events in a critical and humorous way, proving that a tax auditor can indeed combine technical expertise with a sense of humor—even if some taxpayers still doubt the latter.

Everton da Silva holds a degree in Surveying Engineering from União das Faculdades de Criciúma, a Master's degree in Multipurpose Cadastre, and a Ph.D. in Production Engineering from the Federal University of Santa Catarina (UFSC). He has coordinated cadastral surveys and mass property appraisal projects for tax purposes in several Brazilian municipalities. He is a Professor at the Federal University of Santa Catarina in the Department of Geosciences and in the Graduate Program in Transport Engineering and Territorial Management, where he works in the research line of Multipurpose Land Cadastre. He was also an Associate Professor at the Lincoln Institute of Land Policy, where he contributed to both online and in-person courses. He leads the Grupo de Observação de Transformação do Território – GOTT (Territory Transformation Observation Group) (<https://gott.ufsc.br>).

CONTACTS

Ednez Gomes Tavares
Federal University of Santa Catarina (Master's Student) / Ministry of Finance of Brazil -
Federal Revenue Service (Civil Servant)
Travessa Pará, nº 70,
Ananindeua – Pará.
BRAZIL
Phone: + 55 (91) 98016-4231
E-mail: gomes.ednez@gmail.com

Liane Ramos da Silva
Federal University of Santa Catarina
Rua João Pio Duarte Silva, 151-179. CEP: 88037-001
Florianópolis – Santa Catarina.
BRAZIL
Phone: + 55 48 999508383
E-mail: liane.ramos@ufsc.br

Marco Aurélio Barbiero
Federal University of Santa Catarina (Master's Student) / Ministry of Finance of Brazil -
Federal Revenue Service (Civil Servant)
Rua Capitão Araújo, 551, ap 301 – CEP 99010200
Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDM, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil

BRAZIL

Phone: +55 54 991811915

E-mail: marco.barbiero@posgrad.ufsc.br

Website: <http://superciata.smuu.com.br>

Everton da Silva

Federal University of Santa Catarina

R. João Pio Duarte Silva, 151-179. CEP: 88037-001

Florianópolis – Santa Catarina.

BRAZIL

Phone: + 55 48 99508483

E-mail: everton.silva@ufsc.br

Adolfo Lino de Araújo, Flavio Boscatto, César Rogério Cabral, Rovane Marcos de França
Diretrizes para um Modelo Teórico de Sistema Cadastral Territorial adequado ao Brasil

FIG Brazil Joint Land Administration Conference (3DLA2025, UN-Habitat STDm, FIG Commissions 7+8 AM)
3-5 November 2025, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil